LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS

WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE

DER

DEUTSCHEN TIEFSEE-EXPEDITION

AUF DEM DAMPFER „VALDIVIA“ 1898-1899

IM AUFTRAGE DES REICHSAMTES DES INNERN

HERAUSGEGEBEN VON

CARL CHUN

PROFESSOR DER ZOOLOGIE IN LEIPZIG
LEITER DER EXPEDITION.

VIERZEHNTER BAND.

Mit 87 Tafeln, 2 Karten und 225 Abbildungen im Text.

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1908

Q115
V.1
V.14, no.1-3
1233

Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Inhalt des vierzehnten Bandes.

Seite

Tiefsee-Radiolarien. Spezieller Teil. Die Tripyleen, Collodarien und Mikroradiolarien der Tiefsee. Von VALENTIN HAECKER. Mit Tafel I—LXXXV und 102 Abbildungen im Text 1

Tiefsee-Radiolarien. Allgemeiner Teil. Form und Formbildung bei den Radiolarien. Von VALENTIN HAECKER. Mit Tafel LXXXVI—LXXXVII, 2 Karten und 123 Abbildungen im Text 477

LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS

Tiefsee-Radiolarien.

Spezieller Teil.

Die Tripyleen, Collodarien und Mikroradiolarien der Tiefsee.

Bearbeitet von

Valentin Haecker.

Mit Tafel I—LXXXV und 102 Abbildungen im Text.

Mir selbst kamen weder Exemplare von *Conchonia* noch solche von *Coelodoras* zu Gesicht. Leider giebt auch HAECKEL gerade von den wichtigsten Formen, nämlich von *Conchonia (Conchura) tetrodon, Coelodoras hexagraphis* und *octographis,* keine Abbildungen, so daß es nicht leicht ist, sich über ihre gegenseitigen Beziehungen ein klares Urteil zu bilden. Ich kann nur so viel sagen, daß die hornartigen Schalenanhänge der Conchariden, insbesondere die Caudalhörner von *Conchoceras,* Bildungen sind, die weder nach ihrer ganzen Struktur, noch nach der Art ihrer Insertion irgendwelche Uebereinstimmung mit den Radialstacheln der Cölodendriden und Cölographiden zeigen. Erstere sind solide, stachelartige Schalenfortsätze, welche nach HAECKEL die Gestalt von vierseitigen Pyramiden haben oder, wie ich an meinen *Conchoceras*-Exemplaren (Taf. LX, Fig. 467) finde, in der Regel dreikantig oder besser dreiflüglig sind und welche also am ehesten noch mit den Radialstacheln mancher Acantharien zu vergleichen sind. Die Kanten oder Flügel setzen sich direkt in die Pfeiler der laternenartigen Stachelbasen fort, welch' letztere eine gewisse Aehnlichkeit mit den Basalkegeln der Radialstacheln anderer Tripyleen, z. B. von *Castanidium Moseleyi circoporoides* (Taf. XXXIX, Fig. 293) haben; ein Hohlraum ist im Innern der Stacheln nicht zu erkennen. Im Gegensatz dazu sind nun die Radialstacheln der Cölodendriden und Cölographiden hohle Röhren, welche in ihrem ganzen Bau und in der Art ihrer Verzweigung eine weitgehende Uebereinstimmung mit den Radialstacheln der Aulacanthiden und der später zu besprechenden Astracanthiden haben, und in ähnlicher Weise in die Galea eingepflanzt sind, wie die Radialstacheln der Aulosphäriden in die Knotenpunkte der Gitterschale. Es besteht also in keiner einzigen Hinsicht eine Uebereinstimmung zwischen den „Hörnern" der Conchariden und den Radialröhren der beiden anderen Gruppen, so daß es zunächst wohl kaum angängig erscheint, die letzteren von den ersteren genetisch abzuleiten.

Ein weiterer Punkt, in welchem nach HAECKEL wenigstens die Species *Conchonia tetrodon* mit den Cölodendriden und Cölographiden übereinstimmt, betrifft die bereits erwähnte feine, unregelmäßige Bezahnung der Schalenränder. Es sollen diese Zähnchen gewissermaßen herüberleiten von den regelmäßig angeordneten Schloßzähnen der Conchariden zu den unregelmäßigen Dornenreihen, welche sich speciell bei einigen Cölographiden finden (vergl. Rep., Taf. CXXVII, Fig. 8). Ich habe bei einer ganzen Reihe von Cölodendriden und Cölographiden, und zwar stets am aboralen Schalenrande, diesen unregelmäßigen Dornenbesatz aufgefunden (vergl. z. B. Taf. LXX, Fig. 520; Taf. LXXI, Fig. 526, 527) und möchte nicht in Abrede stellen, daß ein Vergleich zwischen den Schloßzähnen der Conchariden und diesen Dornen naheliegt. Indessen glaube ich, daß auch diese Uebereinstimmung nicht schwerwiegend genug ist, um eine engere Zusammenstellung der beiden, in wesentlichen Punkten so verschieden gestalteten Formengruppen zu rechtfertigen.

Viel nähere Beziehungen, als zu den Conchariden, bestehen, namentlich was den Bau, die Verzweigungsweise und die radiäre Anordnung der Hauptskelettelemente anbelangt, zu den Aulacanthiden und den später zu besprechenden Astracanthiden. Man könnte wohl am besten ein *Coelodendrum* oder eine *Coelographis* mit einer *Aulacantha* oder *Astracantha* vergleichen, bei welcher die inneren Enden der Radialstacheln durch die Centralkapsel aus dem Centrum des Weichkörpers verdrängt worden sind und nachträglich in Gestalt der inneren Schalen und ihrer Helmaufsätze feste Stützpunkte erhalten haben. Dabei ist nicht einmal anzunehmen, daß die inneren, die Centralkapsel eng umschließenden Schalen innerhalb des Formen-

kreises der Tripyleen ein vollständiges Novum darstellen, vielmehr möchte ich es für wahrscheinlich halten, daß sie als Homologa der provisorischen (embryonalen) Kieselhüllen der Centralkapsel der Challengeriden und Medusettiden, speciell von *Challengeria Naresi* (Taf. LII, Fig. 430 *ps*) und *Planktonetta atlantica* (Taf. LIX, Fig. 459 *ek*) anzusehen sind.

Bei den Cölodendriden und Cölographiden finden wir also in eigenartiger Weise das statische und ernährungsphysiologische Problem gelöst, welches darin liegt, daß einerseits die Centralkapsel, andererseits die radiären Skelettstrukturen das Bestreben haben, die Weichkörpermitte einzunehmen. Es ist bekannt, daß in den verschiedenen Radiolariengruppen dieser Konkurrenz in verschiedener Weise Rechnung getragen wird: so sehen wir bei vielen Spumellarien, sowie bei den Acantharien die central gelegene Centralkapsel von den Radialstacheln durchbohrt; bei den Astracanthiden behaupten die radialen Skelettelemente das Centrum, und das Gleichgewicht wird durch Verdoppelung der Centralkapsel einigermaßen hergestellt (Taf. LXXII, Fig. 530); bei vielen dicystinen Aulacanthiden ist nicht nur die Centralkapsel dauernd in der Zweizahl vorhanden, sondern auch die Radialstacheln weisen eine ausgeprägt dicentrische Anordnung auf (Taf. III, Fig. 22); und bei *Cytocladus* lehnt sich die baumförmig verästelte Centralkapsel mit ihren Verzweigungen allseitig so eng an die radiären Skelettstrukturen an, daß beide Bildungen, abgesehen von dem centralen, den Kern einschließenden Teil der Centralkapsel, eine vollkommen gleichmäßige Verteilung innerhalb des Weichkörpers zeigen (Taf. LXXV, Fig. 539).

Bei den besprochenen engen Beziehungen, welche die Skelettstrukturen einerseits der Cölodendriden und Cölographiden, andererseits der Astracanthiden und Aulacanthiden zu einander zeigen, kann es nicht wunder nehmen, wenn sich sehr weitgehende Konvergenzen zwischen den beiden Gruppen herausgebildet haben. So erinnert z. B. *Coelanthemum auloceroides* (Taf. LXVIII, Fig. 507) im ganzen Aufbau sehr an die Aulacanthiden-Gattungen *Auloceros* (Taf. III, Fig. 22) und *Aulokleptes*, oder, wenn man die äußere Gitterschale mit den subterminalen Astquirlen der Radialstacheln vergleichen will, an manche Formen der Gattung *Aulospathis*.

Wenn ich so eine nähere Zusammengehörigkeit der Conchariden mit den Cölodendriden und Cölographiden in Abrede stellen und für eine Spaltung der HAECKEL'schen Abteilung der Phäoconchien in die Unterordnungen Phaeoconchia sens. strict. und Phaeodendria eintreten möchte, so bin ich umgekehrt dazu geführt worden, die beiden von HAECKEL aufgestellten Familien der Cölodendriden und Cölographiden in eine einzige zu vereinigen.

Nach HAECKEL würden nämlich die beiden Familien dadurch unterschieden sein, daß bei den Cölodendriden die Galea, d. h. der helmförmige Aufsatz der einzelnen Gitterschale, keine Rhinocanna oder „Nasenröhre" besitzt, und daß demnach auch die „Frenula", d. h. die Kieselbrücken, welche den oberen Rand der Nasenöffnung mit der Spitze der Galea verbinden, fehlen, während bei den Cölodendriden Nasenröhre und Frenula jederzeit vorhanden sind. Ein weiterer bedeutsamer Unterschied zwischen den beiden HAECKEL'schen Familien besteht darin, daß bei den Cölodendriden die radialen Skelettelemente niemals zu „Griffelröhren" (styles), d. h. zu geraden, stark verlängerten, mit gegenständigen oder wirtelständigen Seitenästen versehenen Hohlstacheln umgebildet sind, wie dies bei einzelnen Radialstacheln der Cölographiden der Fall ist (Taf. LXVI, Fig. 496), sondern stets die Gestalt von reich verzweigten, meist dichotomisch verästelten Bäumen haben (Taf. LXIII, Fig. 488). Nach HAECKEL würde also die Aus-

bildung der Rhinocanna, der Frenula und der Griffelröhren Hand in Hand gehen, und das korrelative Auftreten dieser drei Differenzierungen würde für die Familie der Cölographiden charakteristisch sein.

Ich will gleich hier hinzufügen, daß HAECKEL in jeder der beiden Familien 2 Unterfamilien unterscheidet. Die Familie der Cölodendriden zerfällt danach in die beiden Gruppen der Cölodoriden und Cölodrymiden, von denen die ersteren Radialstacheln mit freien Endverzweigungen besitzen, während bei letzteren die Verästelungen der Radialstacheln miteinander anastomosieren und so eine äußere Gitterschale bilden. Die beiden Unterfamilien der Cölographiden, die Cölotholiden und Cöloplegmiden, lassen den gleichen Gegensatz erkennen, nur kommt als weiterer Unterschied noch hinzu, daß bei ersteren 2, bei letzteren nur ein Frenulum vorhanden ist.

Die eingehendere Untersuchung der verschiedenen bei den Cölodendriden vorkommenden Helmtypen einerseits und die Auffindung einiger neuer, intermediärer Formen andererseits haben mich nun zu dem Ergebnisse geführt[1]), daß erstens zwischen der einfachen Galea der Cölodendriden und dem kompliziert gebauten Helmaufsatz der Cölographiden eine ganze Reihe von Zwischenformen existiert, und zweitens, daß Rhinocanna und Griffelröhren keineswegs in einem strengen korrelativen Verhältnis zu einander stehen. In ersterer Hinsicht verweise ich auf die ausführliche Beschreibung weiter unten, in Bezug auf den zweiten Punkt sei gleich hier erwähnt, daß z. B. der schon in meiner ersten vorläufigen Mitteilung (1904, Fig. 1; vergl. Taf. LXIV, Fig. 492) abgebildete *Coelechinus wapiticornis* wohl eine typische Rhinocanna und 2 Frenula, dagegen keine Griffelröhre besitzt (Taf. LXX, Fig. 518—521) und demnach die Charaktere der Cölotholiden und der Cölodoriden, also einer zu den Cölographiden und einer zu den Cölodendriden gehörigen Gruppe, in sich vereinigt. Aus diesen Gründen sehe ich mich veranlaßt, die beiden HAECKEL'schen Familien der Cölodendriden und Cölographiden in einer einzigen zu vereinigen, da sich zwischen ihnen keine scharfe Abgrenzung vornehmen läßt.

12. Familie. Coelodendridae (sens. lat.).

Coelodendrida, HAECKEL 1862, + *Coelographida*, HAECKEL 1887.

Tripyleen mit zweiklappiger, dünnwandiger, unregelmäßig gegitterter Schale. Jede Schalenklappe mit einem bügel- oder helmförmigen Aufsatz (Galea), welcher als Postament für die Radialstacheln dient (Taf. LXIII, Fig. 488, und Taf. LXIV, Fig. 492). Letztere sind entweder als reich verzweigte, dichotomisch verästelte „Dendriten" oder als stark verlängerte, mit gegen- oder wirtelständigen Seitenästen versehene „Griffelröhren" ausgebildet (Taf. LXVI, Fig. 496). Die Enden der Dendriten sind entweder frei (Fig. 492) oder anastomosieren miteinander und bilden in diesem Fall eine zweite, äußere Gitterschale (Taf. LXV, Fig. 494). Die Centralkapsel füllt fast vollkommen den Raum zwischen den Schalenklappen aus, das Phäodium zeigt entweder die gewöhnliche Anordnung in der Umgebung der Astropyle (Taf. LXVIII, Fig. 507), oder ist mehr oder weniger im ganzen Weichkörper zerstreut (Taf. LXIII, Fig. 488, 489), oder vorzugsweise im Inneren der Galeae enthalten (Taf. LXXI, Fig. 528).

In Bezug auf die **Größe** begegnen wir auch bei den Cölodendriden sens. lat. beträchtlichen Unterschieden. Die kleinsten Formen sind *Coelodendrum ramosissimum* mit einem Durch-

1) Vergl. V. HAECKER, 1907.

messer von 0,5 bis 1,8 mm (Taf. LXIII, Fig. 488), *C. spinosissimum* mit einem solchen von 1,5 bis 2,2 mm, sowie eine kleine *Coelographis*-Art (*C. pusilla*, Taf. LXIX, Fig. 515), deren Gitterschale einen längsten Durchmesser von nur 1 mm besitzt, wozu dann noch die Länge der überragenden Teile der Nasalgriffel mit 0,7 mm hinzukommt. Auf der anderen Seite haben die größten mir vorliegenden Exemplare von *Coelographis regina* eine Länge von 5,5 mm, gemessen von der Spitze der Nasalstacheln bis zur Mitte des aboralen Schalenrandes, und noch bedeutend größere Dimensionen werden von den Cölotholinen mit ihren extrem verlängerten Griffelröhren erreicht. So besitzt der Körper von *Coelothyrsus cypripedium* (Taf. LXV, Fig. 494) allerdings nur eine Höhe von 3 und eine Breite von 3,5 mm, aber die abgebrochenen Griffelröhren sind auf den am besten erhaltenen Präparaten 7 mm lang und dürften diese Länge in Wirklichkeit wohl bedeutend überschreiten. HAECKEL giebt wenigstens für andere Cölotholinen aus den Gattungen *Coelotholus*, *Coelothauma* und *Coelothamnus* als Distanz zwischen den gegenüberliegenden Stachelspitzen 20—32 mm an, also Längen, die auch von den Stacheln der größten Tuscaroriden nicht erreicht werden.

Hinsichtlich des Zusammmenhanges zwischen Größe und Vertikalverbreitung ist nur so viel zu erwähnen, daß die kleineren *Coelodendrum*-Arten, insbesondere *C. ramosissimum* und *spinosissimum*, sehr häufig in den Schichten des Knephoplanktons noch oberhalb des 200 m-Horizontes angetroffen wurden, während das 2—2,5 mm große *C. furcatissimum* erst in Tiefen von 250 m an gefischt wurde. Es decken sich diese Befunde mit der bei den Tripyleen allgemein gemachten Erfahrung, daß innerhalb engerer Verwandtschaftsgruppen die kleinsten Formen am höchsten gehen, die größeren dagegen tiefere Horizonte bevorzugen. Daß derartige Verhältnisse übrigens nur innerhalb engerer Formenkreise Gültigkeit haben, scheint auch durch die Cölodendriden bestätigt zu werden. So wurde von BÜTSCHLI der einen Durchmesser von 1 1/2 cm aufweisende *Coelothamnus Davidoffii* in der Bucht von Villafranca an der Oberfläche geschöpft, und ebenso giebt HAECKEL von einer Reihe von größeren Formen ein oberflächliches Vorkommen an. Da es sich wenigstens im ersteren Falle um einen ganz sporadischen Fund in einem gut durchforschten Meeresteile handelt, so ist es freilich nicht ganz ausgeschlossen, daß das betreffende Exemplar nur zufällig an die Oberfläche emporgetrieben war und daß die Species normalerweise, wie nach ihrer Größe zu erwarten ist, in bedeutenderen Tiefen vorkommt.

Die **Gestalt** des Skelettes und des durch die Endbildungen desselben gestützten Weichkörpers ist bei den kleineren, mehr oberflächlich vorkommenden *Coelodendrum*-Arten kugelig oder leicht ellipsoidisch (Taf. LXIII, Fig. 488), während in den übrigen Gattungen, welche mindestens zum großen Teil in beträchtlicheren Tiefen zu Hause sind, sehr verschiedengestaltige, entweder mehr oder weniger seitlich zusammengedrückte, bilateral-symmetrische oder ausgesprochen sternförmige Skelettformen sich vorfinden (Taf. LXIII, Fig. 489; Taf. LXVIII, Fig. 507, u. a.).

Speciell bei den seitlich zusammengedrückten, bilateral-symmetrischen Formen erhebt sich die Frage, wie dieselben im Raume orientiert sind. HAECKEL (Rep., p. 1747) nimmt speciell für *Coelographis* und ähnliche Formen an, daß die Hauptachse und damit der Spalt zwischen den beiden Skeletthälften eine senkrechte Lage einnehmen und daß die Astropylen, die Rhinocannen und die unpaaren Hauptgriffel (Nasengriffel) nach oben gerichtet seien. Ich möchte im Gegensatz hiezu die Auffassung vertreten, daß, ebenso wie dies für die Tuscaroriden und

Challengeriden mit großer Wahrscheinlichkeit, für die Medusettiden nahezu sicher anzunehmen ist, die Centralkapsel im oberen Teile des Tieres gelegen und demnach die Astropyle nach unten gerichtet ist (s. unten Textfig. 47). Danach ergiebt sich also speziell für die Gattungen *Coelographis*, *Coelodecas* und *Coeloplegma* die auch in Fig. 496 (Taf. LXVI) für *Coeloplegma murrayanum* angegebene Orientierung: d. h. der breitere, die Centralkapseln enthaltende und hauptsächlich von den paarigen „Hauptseitengriffeln" gestützte Teil des Tieres liegt oben, die schmälere, vom unpaaren „Nasengriffel" getragene Partie unten. Ich bin allerdings nur durch Analogieschlüsse auf diese Orientierung geführt worden und, da über die relativen Gewichtsverhältnisse der einzelnen Teile nichts bekannt ist, außer stande, zwingende Gründe anzuführen, es mag aber nicht unerwähnt bleiben, daß eine Reihe von technisch gebildeten Persönlichkeiten, denen ich die Formen vorlegte, ausnahmslos und ohne Besinnen die Zeichnung in die angegebene Lage brachten. Ist die hier angenommene Orientierung richtig, so würden die genannten Cölographiden nach ihrer ganzen Gestalt und ihren statischen Verhältnissen mit einigen schildförmigen Tuscaroriden, *Tuscarantha Braueri triangula* (Taf. XXVII, Fig. 210) und *Tuscarilla scutellum* (Taf. XXVI, Fig. 203), zu vergleichen sein.

Von der Voraussetzung aus, daß die Centralkapsel im oberen Teile des Tieres gelegen und mit ihrer Astropyle nach unten gerichtet ist, würde man auch bezüglich der Orientierung der übrigen bilateral-symmetrischen Formen zu übereinstimmenden Vorstellungen gelangen. Insbesondere würde das beilförmige *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489) und die verschiedenen *Coelodiceras*-Arten (Taf. LXIV, Fig. 493) auf der einen Seite und *Coelothyrsus* (Taf. LXV, Fig. 494) auf der anderen Seite so zu orientieren sein, daß die langen Griffel nach unten gerichtet sind. Es mag gleich hierbei bemerkt werden, daß die eben genannten Formen hinsichtlich ihrer allgemeinen Gestalt interessante Konvergenzbildungen darstellen, während allerdings hinsichtlich der Anordnung der einzelnen Skeletteile tiefgreifende Unterschiede bestehen. Bei *Coelodendrum flabellatum* und bei den *Coelodiceras*-Arten schneidet nämlich die den Schalenspalt enthaltende Spaltebene den Körper des Tieres in einem kleinsten Schnitt, der speciell n der Fig. 489 (Taf. LXIII) senkrecht zur Zeichnungsebene liegt, und die beiden schräg nach abwärts gerichteten Flügel des Körpers werden je durch einen unpaaren Nasengriffel gebildet. Bei *Coelothyrsus* (Taf. LXV, Fig. 494) dagegen schneidet die Spaltebene den Körper in einem größten Schnitt und fällt also in unserer Figur in die Zeichnungsebene. Die schräg nach unten gerichteten Flügel werden je durch ein Paar Hauptseitengriffel gebildet. Man wird angesichts dieser Gegensätze an den verschiedenen Bau erinnert, welche die linsenförmigen Conchariden zeigen: bei *Conchopsis* (Taf. LXI, Fig. 474, 475) enthält die Spaltebene den kleinsten Linsendurchmesser, bei *Conchophacus* (Fig. 472) und *Conchocystis* (Fig. 473) dagegen fällt sie mit der Aequatorebene der Linse zusammen.

Die Gegenüberstellung von *Coelodendrum flabellatum* und *Coelodiceras* einerseits und von *Coelothyrsus* andererseits zeigt beiläufig, daß die Anwendung der von Haeckel vorgeschlagenen promorphologischen Bezeichnungen bei unserer Gruppe auf Schwierigkeiten stößt. Haeckel (Rep., p. 1747) nennt speciell bei *Coelographis* und ähnlichen „amphitekten" Formen (Rep., p. XVII; vergl. Taf. LXVI, Fig. 496), wie bereits oben angedeutet wurde, den längsten, ungleichpoligen, durch die Astropyle und den aboralen Scheitel der Centralkapsel gelegten Durchmesser: Längs- oder Hauptachse, den gleichpoligen, die Scheitel der Galeae verbindenden: Sagittalachse

und den senkrecht zu beiden, im Schalenspalt gelegenen: Frontalachse. Die vertikale Spaltebene wird als Frontalebene, die gleichfalls vertikale, durch die unpaaren Nasalgriffel gelegte Ebene als Sagittalebene und die dritte oder Horizontalebene als Aequatorialebene bezeichnet. Die Schalenklappen werden als dorsal und ventral unterschieden. Es ist nun klar, daß diese der Wirbeltier-Morphologie entstammenden Bezeichnungsweisen bei ihrer Anwendung auf die vielgestaltigen Cölodendriden (sens. lat.) zu allerlei unliebsamen Konsequenzen führen würden, insbesondere würde die „Frontalebene" bei *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489) und *Coelodiceras* in einen kleinsten, bei den Cöloplegminen in den größten Durchmesser fallen. Ich ziehe es daher vor, von einer Spaltebene, Apikalebene und Astropylenebene zu sprechen. Die Spaltebene enthält den Schalenspalt, in die Apikalebene fallen die Apices der Galeae und die beiden Rhinocannen, und die Astropylenebene liegt parallel zum Operculum der Hauptöffnung der Centralkapsel.

Die Schalenklappen oder **inneren Schalen** der Cölodendriden sens. strict. und Cölographiden sind, wie schon HAECKEL angiebt, hemisphärisch oder etwas abgeflacht und voneinander durch einen Spaltraum getrennt, in welchem die Astropyle und die Parapylen gelegen sind. Für die Cölodendriden giebt HAECKEL an, daß die dünne, zerbrechliche Schalenwand von unregelmäßigen Poren durchsetzt oder aber von einem Netzwerk von Leisten bedeckt ist, in welch' letzterem Fall die zwischen den Leisten gelegenen Tüpfel (dimples) der Schale ein gefenstertes Aussehen verleihen. Bei den Cölographiden ist nach HAECKEL die Schale unregelmäßig gefenstert und am Rande häufig gezähnelt, zuweilen auch mit längeren Dornen ausgestattet.

Ich bin bei den Cölodendriden sens. strict. zu etwas abweichenden Ergebnisssen gelangt. Speciell bei *Coelodendrum (ramosissimum, spinosissimum* und *furcatissimum)* finden sich in den Schalen winzige Poren, welche im Kanadabalsam vielfach mit Luft gefüllt sind und sich so großenteils als geschlossene Räume erweisen, und dazwischen unregelmäßige, die Schalenwandung vollkommen durchbrechende Fensteröffnungen. Manchmal überwiegen die letzteren und bilden dann innerhalb größerer Schalenpartien ein förmliches Gitterwerk, welches durchaus an die Schalenstruktur der Conchariden und Castanelliden erinnert. Zuweilen finden sich, wie schon HAECKEL bemerkt, die gröberen Strukturen hauptsächlich in den peripheren Schalenpartien, während die centralen eine sehr dichte Punktierung zeigen. Nicht selten ist aber auch umgekehrt gerade der von der Galea bedeckte centrale Schalenteil besonders grob gefenstert, so daß keine Regel aufgestellt werden kann. Ganz ähnliche Strukturen fand ich in Uebereinstimmung mit der Beschreibung HAECKEL's bei den Cölographiden. Speciell bei den Gattungen *Coelodendrum* (Taf. LXXI, Fig. 527), *Coelodiceras* (Taf. LXIV, Fig. 493; Taf. LXXI, Fig. 526), *Coelechinus* (Taf. LXIV, Fig. 492; Taf. LXX, Fig. 520), *Coelographis* (Taf. LXIX, Fig. 514, 515; Taf. LXXI, Fig. 525), *Coeloplegma* (Taf. LXVI, Fig. 496) und *Coelanthemum* (Taf. LXVIII, Fig. 507) konnte ich auch die von HAECKEL erwähnten Randzähnchen feststellen. Jedoch besetzen dieselben nicht, wie dies HAECKEL bei *Coeloplegma murrayanum* (Rep., Taf. CXXVII, Fig. 8) abgebildet hat, die seitlichen Ränder der Halbschalen, vielmehr fand ich bei sämtlichen genannten Gattungen, einschließlich einiger Exemplare von *Coeloplegma murrayanum,* die Zähnchen stets nur am aboralem Schalenrand. Im Gegensatz zu den Conchariden, bei welchen die seitliche Anordnung der Zähnchen nur ein Auseinanderweichen der Schalenklappen in der Richtung der Apikalachse gewährt, scheinen demnach die Schloßzähnchen der Cölodendriden auch ein Aufklappen der Schalen am oralen Pole zu gestatten.

Ueber die Möglichkeit, daß die inneren Schalenklappen der Cölodendriden den provisorischen (embryonalen) Kieselhüllen anderer Tripyleen homolog sind, wurde schon oben (S. 338) gesprochen.

Der helmförmige Schalenaufsatz oder die **Galea** zeigt im ganzen die nämliche Schalenstruktur, wie die Halbschalen selber. In der Regel finden sich nebeneinander kleine, im Kanadabalsam mit Luftperlen gefüllte Porenräume und größere fensterartige Durchbrechungen. Bei einigen Formen, z. B. bei *Coelodendrum spinosissimum* (Taf. LXX, Fig. 523) und *flabellatum,* weist die Galea, abgesehen von einigen Porenfenstern, längliche oberflächliche Grübchen auf, dieselben sind in Längsreihen angeordnet, welche von der Basis der Galea gegen den Nasalgriffel konvergieren und der Galea ein eigentümlich borkiges oder auch „gemasertes" Aussehen verleihen.

Außer den fensterartigen Durchbrechungen, welche teils die Wandung der Galea selber durchsetzen, teils in dem die Galea tragenden centralen Schalenteil gelegen sind, besitzt nun die Galea in der überwiegenden Zahl der Fälle eine besondere, gegen die Astropyle gerichtete Oeffnung, welche speciell bei den Cölographiden in eine kürzere oder längere, vielfach den oralen Schalenrand erreichende Röhre ausgezogen ist (Taf. LXXI, Fig. 525). Diese als Nasenrohr oder Rhinocanna bezeichnete Bildung spielt im Haeckel'schen System eine sehr wichtige Rolle, insofern sie das Unterscheidungsmerkmal der Familie der Cölographiden gegenüber den einer solchen Röhre entbehrenden Cölodendriden bildet.

Nun findet sich aber, wie bei der sonstigen großen Uebereinstimmung der Cölodendriden sens. strict. und der Cölographiden vorauszusehen war, schon innerhalb der ersteren Gruppe eine ganze Reihe von Vorstufen, welche Schritt für Schritt zu den Rhinocanna-Bildungen von *Coelographis* und anderer hochspecialisierter Gattungen hinüberführen, so daß von einer einigermaßen scharfen Abgrenzung beider Gruppen keine Rede sein kann. Die einfachsten Verhältnisse fand ich bei sehr kleinen Exemplaren von *Coelodendrum ramosissimum* (Taf. LXVIII, Fig. 508; Taf. LXIX, Fig. 512). Hier bildet die Galea einen schmalen, quer zur Hauptachse gelegenen Wulst oder Bügel, welcher in der Mitte am höchsten ist und dessen Basis an der aboralen Seite vielfach eine kleine Einbuchtung aufweist. An der Aboralseite des Bügels fand ich bei solchen Exemplaren stets eine Reihe kleiner, dicht über der Schalenklappe gelegener Fensteröffnungen, welche durch schmale Pfeiler voneinander getrennt sind und so eine arkadenähnliche Anordnung zeigen. Auch an der Basis der Oralfläche können einzelne größere oder kleinere Oeffnungen auftreten (vergl. R. Hertwig, Taf. X, Fig. 12 a), dagegen ist bei diesen kleinsten Individuen eine eigentliche Hauptöffnung an der Oralseite des Bügels nicht wahrzunehmen. Bei allen größeren Individuen von *Coelodendrum ramosissimum,* ferner bei *C. spinosissimum, furcatissimum, lappaceum* und *flabellatum* ist die Galea an der Oralseite in der Regel steiler, nicht selten sogar überhängend, ihre aborale Abdachung dagegen ist flacher und an der Basis vielfach eingebuchtet. Auch hier findet man, speciell bei den 3 erstgenannten Arten, an der Basis der in solchen Fällen eingebuchteten Aboralseite in der Regel die vorhin erwähnten Arkaden, welche bald eine regelmäßigere Form haben (Taf. LXIX, Fig. 511), bald unregelmäßiger angeordnet sind und in diesem Fall gruppenweise von bogenförmigen Verstärkungsleisten überwölbt sein können (Taf. LXVIII, Fig. 509). An der Oralseite befindet sich dagegen bei allen genannten Formen eine große, weite Thorbildung, welche schon hier als Nasenöffnung bezeichnet werden mag (Taf. LXVIII, Fig. 510).

Bei einigen Exemplaren von *Coelodiscus gracilis* (Taf. LXX, Fig. 523) und *Coelodiscus* (Tab. LXIII, Fig. 489) kann man ferner bei Seitenansicht des Bügels am oberen Rande der Nasenöffnung einen wulstartigen Vorsprung der Galeawandung erkennen, die erste Andeutung einer Nasenröhre. Weitere Uebergangsstufen habe ich bei *Coelodiceras macropylum* (Taf. LXXI, Fig. 526) und *Coelotetraceras xanthacanthum* (Taf. LXVII, Fig. 499), sowie bei einer kleinen *Coelodiceras*-Art, *C.* [illegible] (Taf. LXIX, Fig. 514) angetroffen. Bei allen diesen Formen ist die Wandung der Galea an der verhältnismäßig sehr weiten und hohen Nasenöffnung krempenartig vorgezogen, so daß eine Art Thorbogen zu stande kommt. Speciell bei *Coelotetraceras* ist der Rand der Rhinocanna mit der Außenfläche der Galea durch ein paar unregelmäßige, gefensterte Kieselbrücken verbunden, welche als Vorstufen der gleich zu besprechenden Frenula gelten können, und etwas stärker finden wir diese Bildungen bei *Coelodiceras macropylum* entwickelt.

Etwas abweichende Verhältnisse fand ich bei einer *Coelodrymus*-Art, bei welcher die Oral- oder Stirnfläche der im ganzen pyramidenförmigen Galea großenteils von einem dreieckigen, gefensterten Vorbau eingenommen wird, welcher der Rhinocanna anderer Formen entspricht und an seiner Basis die kraterförmige Nasenöffnung trägt (Taf. LXX, Fig. 522).

Innerhalb der Gattungen *Coelodiscus* und *Coelodiceras* sehen wir sodann die Umbildung des Thorbogens zur rohrförmigen Rhinocanna fortschreiten, insbesondere ist schon bei dem nächsten Verwandten von *Coelodiceras macropylum*, bei *Coelodiceras spinosum* eine eigentliche, wenn auch nur kurze, schnauzenartige Rhinocanna ausgebildet (Taf. LXIV, Fig. 493). Auch bei einigen anderen Formen, z. B. *Coelanthemum antocevoides* (Taf. LXVIII, Fig. 507), ist an der noch sehr steilen Galea eine verhältnismäßig kurze und weite, schnauzenartige Rhinocanna angebracht. In dem Maße aber, als die orale Partie der Galea mehr und mehr amboßartig vorgezogen wird, zieht sich auch die Nasenöffnung zu einer echten Nasenröhre oder Rhinocanna aus, d. h. zu einer engen, cylindrischen oder dreiseitig prismatischen Röhre, welche sich an den Außenflächen der Schalenklappe bis an ihren oralen Rand oder bis in die Nähe desselben erstreckt. Bei allen genannten Formen ist ferner die Oeffnung des Nasenrohres mit der Vorderfläche der Galea durch dünne Kieselbrücken verbunden, welche von HAECKEL als Frenula bezeichnet worden sind. Ich kann die Angabe HAECKEL's bestätigen, daß die Zahl dieser Frenula bestimmt ist durch die Anordnung der von der Galea entspringenden Griffelröhren. In allen Fällen, in welchen ein unpaarer Nasengriffel zur Ausbildung gelangt ist, also bei der HAECKEL'schen Unterfamilie der Cölopleguiden und ebenso bei der neuen Gattung *Coelechinus*, ist nur ein einziges Frenulum vorhanden, welches den oberen Rand der Nasenöffnung mit der Basis des Nasengriffels verbindet (z. B. Taf. LXIX, Fig. 515). In den Fällen dagegen, in welchen ein Nasengriffel fehlt und die paarigen Hauptseitenröhren als Hauptskelettelemente entwickelt sind, sind 2 Frenula festzustellen, welche sich vom oberen Rand der Nasenöffnung gegen die Basen der Hauptseitenröhren hinziehen. Dies ist der Fall bei der HAECKEL'schen Unterfamilie der Cölotholiden, sowie bei der neuen Gattung *Coelechinus* (Taf. LXX, Fig. 519, 520).

Ueber die Bedeutung der Rhinocanna und ihrer Frenula wird weiter unten Näheres zu berichten sein. Was die Funktion der Galea selber anbelangt, so dient sie in erster Linie zweifellos als Postament für alle oder wenigstens für die meisten und wichtigsten radiären Skelettelemente. Es muß daher, um Genaueres über die Funktion der Galea und über ihre mit der Funktion zusammenhängenden Gestaltsveränderungen ermitteln zu können, zunächst

eine kurze Uebersicht über die **radiären Skelettteile** vorausgeschickt werden. Dieselben haben durchweg die Gestalt von beiderseits geschlossenen, meist reich verzweigten Röhren, welche mit ihrem inneren, weiten Ende der Wandung der Galea oder der Schalenklappe selber eingepflanzt sind. Es erinnern diese Gebilde, was den ganzen Bau, sowie die Art ihrer Verzweigung und Insertion anbelangt, am meisten an die Radialröhren der Aulacanthiden und Astracanthiden. Auch mit den radiären Skelettelementen der Medusettiden haben sie manche Aehnlichkeit, namentlich was die Beschaffenheit der Terminaläste und der mit Ankerfädchen ausgestatteten Seitenbäumchen anbelangt (vergl. z. B. Taf. LXVI, Fig. 497 mit Taf. LVI, Fig. 452), dagegen sind sie, wie bereits früher bemerkt wurde, mit den „Hörnern" der Conchariden wohl schwerlich zu vergleichen.

Schon Haeckel hat nun weiter darauf aufmerksam gemacht, daß die radiären Skelettteile zwei verschiedene Haupttypen zeigen. Auf der einen Seite stehen baumförmige, meist ziemlich regelmäßig dichotomisch verzweigte Röhren, deren Stamm sich in der Regel kurz oberhalb der Basis vollkommen in seine Verzweigungen auflöst, und deren Endverzweigungen sämtlich in einer gleichmäßig sphärischen oder ellipsoidischen Fläche endigen (Taf. LXIII, Fig. 488): es sind dies die „brushes" bei Haeckel, die dichotomen Röhren bei Lang oder, wie ich sie kurz nennen möchte, die baumförmigen Radialstacheln oder Dendriten. Solche Dendriten finden sich bei sämtlichen Formen entwickelt, und zwar kommen sie bald ausschließlich, bald neben dem zweiten Haupttypus vor. Letzterer wird repräsentiert durch stark verlängerte, das allgemeine Niveau des Weichkörpers mehr oder weniger überragende „Griffelröhren" („styles" bei Haeckel), welche in ihrem basalen Abschnitt gewöhnlich mit dendritenartigen Seitenästen, in ihrem distalen Teil mit zierlichen, Ankerfädchen tragenden Bäumchen besetzt und am Ende mit besonderen Terminalbildungen ausgestattet sind (Taf. LXVI, Fig. 496). Diese Griffelröhren sollen nach Haeckel ausschließlich bei den Cölographiden, und zwar mit Dendriten vergesellschaftet, vorkommen. Dies trifft indessen nicht vollkommen zu, vielmehr treten, wie wir sehen werden, die nämlichen Gebilde auch bei den die beiden Haeckel'schen Familien verbindenden, intermediären Gattungen *Coelodiceras* und *Coelotetraceras* auf (Taf. LXIV, Fig. 493; Taf. LXVII, Fig. 499).

Eine Zwischenstellung zwischen den Dendriten und den Griffelröhren nehmen die stark verlängerten Postnasalgriffel von *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489*pn*) ein, insofern sie bezüglich der Verzweigungsweise mit den ersteren, hinsichtlich der Verlängerung des Stammes mit letzteren übereinstimmen. Auch sonst sieht man zuweilen, daß bei den verschiedenen Individuen derselben Art an der nämlichen Stelle bald Dendriten, bald Griffelröhren auftreten können. So fand ich bei *Coelographis antarctica* neben zahlreichen Individuen, welche die typischen 6 Griffel von *Coelographis* aufwiesen (Textfig. 42 *n, hs*), an den nämlichen Stationen vereinzelte Exemplare von vollkommen übereinstimmendem Gesamthabitus, bei denen jeweils der erste Hauptast (*hs'*) der paarigen aboralwärts gerichteten Hauptseitengriffel in mehr oder weniger ausgeprägter Weise seinerseits zum Griffelcharakter überging, so daß die betreffenden Exemplare den Habitus von *Coelodecas* zeigten (Textfig. 41). Umgekehrt findet man, wie wenigstens aus einer Abbildung Haeckel's (Rep., Taf. CXXVII, Fig. 1) hervorgeht, Exemplare von *Coeloplegma murrayanum*, bei denen an Stelle der sekundären Nasalgriffel (Taf. LXVI, Fig. 496 *n'*) nur Dendriten stehen, so daß also auch *Coeloplegma* durch Zwischenformen mit *Coelodecas* verbunden ist.

Auch bei einem Exemplar von *Coelotetracrus xanthacanthum* konnte ich eine hierher gehörige, in diesem Falle mehr monströse Abweichung feststellen, insofern einer der Tertiäräste des aboralen Dendriten zu einem schwachen Griffel umgebildet war.

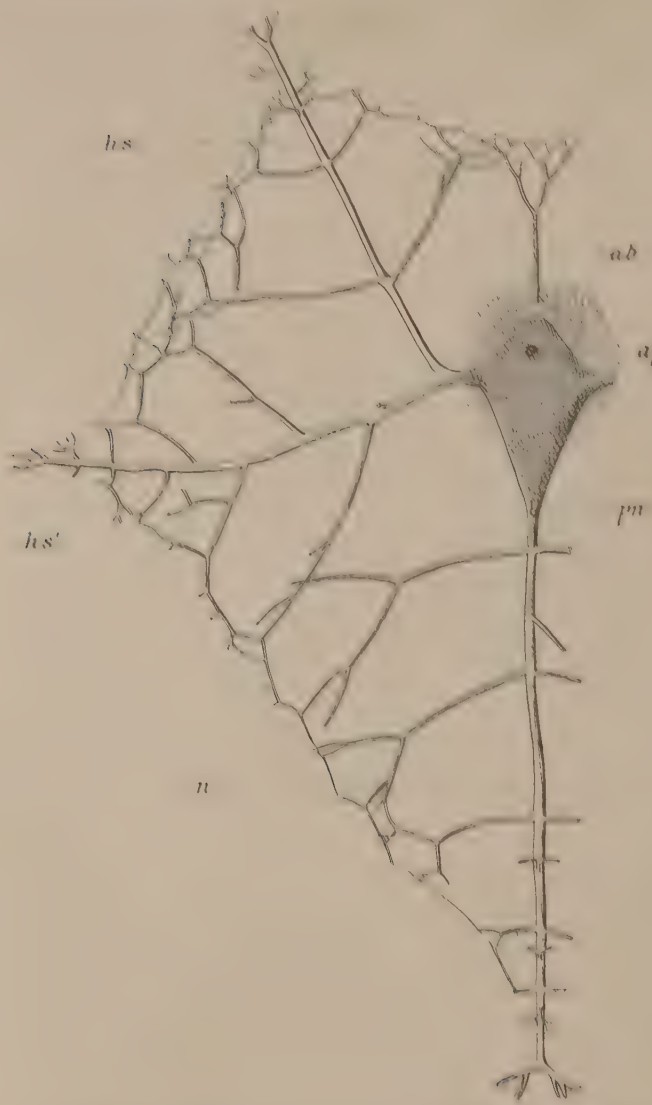


Fig. 41. *Coelographis antarctica* n. sp. Uebergang zum *Coelodecas*-Typus. *n* Nasengriffel, *pn* Postnasaldendrit, *ap* Apikaldendrit, *ab* Aboraldendrit. *hs* und *hs'* primärer und sekundärer Seitengriffel. T.-St. 142.

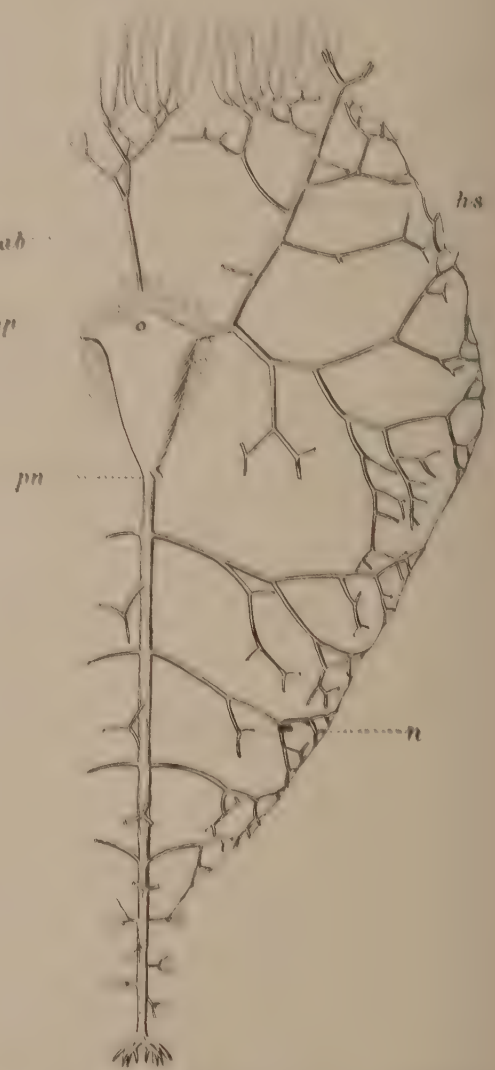


Fig. 42. *Coelographis antarctica* n. sp. Gewöhnlicher Typus. Bezeichnungen wie in Fig. 41. T.-St. 142.

Was ferner die Zahl und Stellung der Radialröhren anbelangt, so seien zunächst die Angaben HAECKEL's in kurzem wiederholt. Nach HAECKEL weisen die Radialröhren der Cölodendriden (sens. strict.) im Verhältnis zu denen der Cölographiden beträchtliche Unregelmäßigkeiten nach Anzahl, Ursprungsstelle und Anordnung auf, und ihre gegenseitige Stellung ist infolge des Mangels eines Nasenrohres sehr schwer zu bestimmen. In den meisten Fällen hat

Haeckel 3 oder 4 Radialröhren, seltener 5 oder 6 und sehr selten 7 oder 8 gefunden. Als einfachstes und wahrscheinlich ursprünglichstes Verhältnis betrachtet er die Entwickelung von drei Röhren, von welchen er unter Hinweis auf die Nassellarien die beiden paarigen, vorderen als pectorale, die unpaare, hintere als Caudalröhre bezeichnet. In den meisten Fällen sei diese unpaare Röhre vom Ursprung an gegabelt, so daß 2 divergierende Röhren, eine vordere und eine hintere, vom Scheitel der Galea entspringen. Seltener sind nach Haeckel auch die 2 paarigen oder pectoralen Röhren an der Basis gegabelt, so daß dann 3 Paare von Röhren von jeder Galea ausgehen, und noch seltener sind an jeder Galea 4 gesonderte Röhren oder 4 Paare von Röhren vorhanden, wobei außer den drei Ecken der dreieckigen Galea auch deren Scheitelpunkt als Insertionspunkt dient.

Bei den Cölographiden findet Haeckel im Minimum ebenfalls 3 Röhren, welche er den 3 primären Röhren der Cölodendriden (sensu str.) und den 3 primären Stacheln der Nassellarien homolog setzt und demgemäß als Pectoral- und Caudalröhren bezeichnet. Die paarigen Pectoralröhren sind gewöhnlich in Griffel verlängert und entspringen stets von der Galea (vergl. z. B. bei *Coelographis antarctica*, Textfig. 42 *hs*), dagegen ist die Caudalröhre stets als Dendrit (brush) ausgebildet und kann auch hinter der Galea von der Schalenklappe selbst seinen Ursprung nehmen (vergl. Textfig. 42 *ab*). Während diese 3 primären Röhren konstant auftreten und nach Haeckel wegen ihrer vermutlichen Beziehungen zu den 3 primären Skelettelementen der Cölodendriden und Nassellarien eine große morphologische Bedeutung haben, müssen alle anderen, speciell in der Unterfamilie der Cöloplegmiden vorkommenden Röhren als sekundäre Apophysen betrachtet werden, weil sie nur bei einzelnen Gliedern der Familien auftreten. Im Maximum können nach Haeckel jederseits 11 Röhren entwickelt sein, wovon die 5 unpaaren hintereinander in der Mittellinie der Galea bezw. der Schalenklappe selbst inseriert sind: A. die primäre Caudalröhre (Textfig. 42 *ab*); B. eine procaudale Röhre; C. eine Sagittalröhre (Textfig. 42 *ap*); D. eine Postnasalröhre (Textfig. 42 *pn*); E. eine Nasalröhre, welche gegen den oralen Schalenpol gerichtet ist und ganz vorn am Scheitel der Galea ihren Ursprung nimmt (Textfig. 42 *n*). Als paarige Elemente können auftreten: F. die nach vorn, d. h. oralwärts gerichteten Pectoralröhren (Taf. LXVI, Fig. 496 *n'*); G. die in der „Frontalachse (vergl. S. 342) oder nahe derselben gelegenen Frontal- oder Lateralröhren (Fig. 496 *hs'*; Textfig. 41 *hs'*); H. die nach hinten gerichteten (bei allen Cöloplegmiden konstant auftretenden) Tergalröhren (Fig. 496 *hs*; Textfig. 41 und 42 *hs*). Die Anordnung der verschiedenen Röhren ist eine sehr wechselnde, insofern sie bei nahe verwandten Species sich als ganz selbständige Bildungen darstellen oder (paarweise) von einer gemeinschaftlichen Basis entspringen können. „Ein näherer Vergleich derselben in den verschiedenen Species wird ihre, durch konstante Vererbung bedingte Homologie erkennen lassen."

Im Gegensatz zu der Darstellung Haeckel's habe ich auch bei den Cölodendriden sens. strict., abgesehen von kleineren individuellen Unregelmäßigkeiten, wie sie übrigens auch bei den Cölographiden vorkommen, ziemlich konstante Zahlen- und Anordnungsverhältnisse gefunden, und da, wie oben bereits hervorgehoben wurde, die große Mehrzahl der Formen regelmäßig eine der Rhinocanna homologe Nasenöffnung besitzt, so war es auch möglich, die Frage nach der Homologie der einzelnen Radialröhren in befriedigender Weise zu lösen. Es läßt sich vor allem zeigen, daß die beiden vom Scheitel der Galea dicht nebeneinander ent-

springenden, unpaaren Röhren meist eine ungleich starke Ausbildung aufweisen, und daß die stärkere in der Regel oral, also in den Fällen, in welchen eine Nasenöffnung vorhanden ist, über der letzteren gelagert ist (Taf. LXIII, Fig. 488 *n*). Nur bei [illegible] (Taf. LXIII, Fig. 489) zeigt nicht die direkt über der Nasenöffnung gelegene, sondern die nächstfolgende Röhre eine besonders starke Entwickelung. Aus einem Vergleich dieser Verhältnisse mit der Anordnung der Radialröhren bei den Cölographiden ergiebt sich nun in unzweideutiger Weise, daß die orale, unpaare Radialröhre (Fig. 488, 489 *n*) der Cölodendriden sens. strict. der Nasalröhre, die aborale (Fig. 488, 489 *pn*) dagegen der Postnasalröhre der Cölographiden homolog zu setzen ist, daß sie also nicht, wie HAECKEL angiebt, der Caudalröhre der Cölographiden entsprechen. Sie sollen daher im folgenden ebenfalls als **Nasal- und Postnasalröhre** bezeichnet werden. Ferner ergiebt sich aus einem Vergleich aller verschiedenen Vorkommnisse, insbesondere unter Berücksichtigung einiger neuer Formen der „Valdivia"-Ausbeute, daß die paarigen pectoralen Röhren (Fig. 488, 489 *ts*) der Cölodendriden sens. strict. den Tergalröhren der Cölographiden homolog sind. Um Mißverständnisse zu vermeiden, sollen diese einander entsprechenden Gebilde als **Hauptseitenröhren**, beziehungsweise da, wo sie zu Griffeln umgebildet sind, als Hauptseitengriffel bezeichnet werden.

Schon innerhalb der Gattung *Coelodendrum* und ebenso bei einigen zwischen den Cölodendriden sens. strict. und den Cölographiden stehenden Gattungen kommen zu den eben genannten Radialröhren noch einige weitere hinzu, welche offenbar zum Teil den übrigen, von HAECKEL (s. oben S. 348) bei den Cölographiden aufgefundenen Skelettelementen homolog sind. So sind z. B. bei *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489; Taf. LXXI, Fig. 527, 529), bei welchem die Postnasalröhre eine bedeutende Verlängerung erfahren hat und so eine erste Vorstufe zur Griffelbildung darstellt, außer der Nasal- und Postnasalröhre noch 2 weitere unpaare Röhren entwickelt: ein kurzer, unverzweigter, wellenförmig gekrümmter Fortsatz, welcher sich auf der Aboralfläche der Galea zwischen den beiden Hauptseitenröhren erhebt und durchaus den Charakter eines rudimentären Gebildes trägt (Fig. 527, 529 *af*), und ein etwa doppelt so langer, die Weichkörperoberfläche ebenfalls nicht erreichender, wenig verzweigter Dendrit, welcher am aboralen Rande der Galea auf der Schalenklappe entspringt und, die Verlaufsrichtung des Nasalstachels ungefähr fortsetzend, direkt aboralwärts gerichtet ist (*ab*). Der vordere dieser beiden Fortsätze dürfte den Sagittalröhren in der HAECKEL'schen Terminologie entsprechen und mag, um eine unzweideutige Bezeichnung einzuführen, als **Apikalröhre** (Apikaldendrit) bezeichnet werden; der hintere ist zweifellos homolog der Caudalröhre HAECKEL's (vergl. Rep., Taf. CXXVII, Fig. 8 *g*⁶) und soll die Bezeichnung **Aboralröhre** (Aboraldendrit) führen.

Ein Aboraldendrit findet sich auch bei *Coelodiceras spinosum* (Taf. LXIV, Fig. 493 *ab*) und *C. macropylum* (Taf. LXXI, Fig. 526 *ab*), bei welchen im übrigen nur eine der beiden nasalen Röhren entwickelt ist (*n*). Bei einem Exemplar von *C. macropylum* (Fig. 526) fand ich außerdem in der Nähe des Aboraldendriten ein einzelnes, asymmetrisch gelegenes Stäbchen, welches mit der Procaudalröhre HAECKEL's verglichen werden kann und wohl am besten als **Präaboralröhre** (Präaboraldendrit) zu bezeichnen ist.

Auch in der Gattung *Coelothyrsus* (Taf. LXV, Fig. 495; Taf. LXXI, Fig. 524) sind hintereinander Präaboraldendrit und Aboraldendrit (Fig. 524 *pab*, *ab*) zur Entwickelung gelangt, während

sich bei der neuen Gattung *Coelechinus* (Taf. LXIV, Fig. 492; Taf. LXX, Fig. 520) nur ein einziger, aber sehr mäßig entwickelter und den Hauptseitendendriten an Stärke nahezu gleichkommender Aboraldendrit vorfindet.

Die größte Zahl von radiären Skelettelementen findet sich, wie schon HAECKEL gezeigt hat, in der Unterfamilie der Cöloplegminen. Hier tritt zu den Nasal-, Postnasal-, Hauptseiten- und Aboralröhren regelmäßig noch eine dem Scheitel der Galea eingepflanzte **Apikalröhre** (Apikaldendrit, Taf. LXIX, Fig. 515; Taf. LXXI, Fig. 525 *ap*) hinzu, und außer den bisher aufgezählten radiären Skelettteilen, welche direkt der Galea oder dem aboralen Abschnitt der Schalenklappe selber eingepflanzt sind, können noch die stärkeren Seitenäste der Nasal- und Hauptseitengriffel unter entsprechender Veränderung ihrer Verlaufsrichtung und Uebergang zur Griffelbildung mehr oder weniger den Charakter und die Funktion der primären Radialröhren annehmen. Die einfachsten Verhältnisse weist die Gattung *Coelographis* auf, bei welcher die ganze Garnitur an Radialröhren aus Nasalgriffel, Postnasaldendrit, Apikaldendrit, Aboraldendrit und 2 Hauptseitengriffeln besteht (Textfig. 42; Taf. LXXI, Fig. 525). An *Coelographis* reiht sich die Gattung *Coelodecas* an, bei welcher je der erste Ast der Hauptseitengriffel, sowie die Gattung *Coeloplegma*, bei welcher auch die beiden ersten Aeste des Nasalgriffels zu Griffelröhren umgewandelt sind (Taf. LXVI, Fig. 496 *hs'*, *n'*). Ich möchte für diese Bildungen an Stelle der HAECKEL'schen Bezeichnungen: Pectoral- und Frontalröhren (s. oben S. 347) die Ausdrücke **sekundäre Nasalgriffel** und **sekundäre Seitengriffel** in Vorschlag bringen.

Indem auch andere Sekundär- und Tertiäräste sich zu Griffeln differenzieren, kommen die prachtvollen Skelettformen der übrigen Cöloplegmiden zu stande. Die höchste bisher bekannte Zahl von Griffeln wird von dem in der „Valdivia"-Ausbeute erstmals gefundenen *Coelanthemum auloceroides* (Taf. LXVIII, Fig. 507) erreicht, bei welchem die Nasalröhre in vier, jede der Hauptseitenröhren in fünf Griffel gespalten ist, so daß der Weichkörper von im ganzen acht undzwanzig radial gerichteten und regelmäßig verteilten Griffelröhren durchsetzt ist. Mit dieser Vermehrung der radiären Skelettelemente ist eine Rückkehr zur sphärischen Körperform vollzogen, und die Gattung *Coelanthemum* ist demnach auf Umwegen schließlich zu dem nämlichen Ziele gelangt, welches die mit ihr konvergenten Formen aus den Gattungen *Auloceros* und *Aulospathis* (Taf. II, Fig. 20; Taf. VIII, Fig. 87, u. a.) auf direkte Weise erreicht haben.

Nach diesen vorbereitenden Bemerkungen über Form, Zahl und Anordnung der Radialröhren mögen nunmehr die mit der **Funktion** zusammenhängenden **Gestaltsveränderungen der Galea** genauer besprochen werden. Die einfachsten Verhältnisse finden sich bei den kleineren, sphärischen Formen der Gattung *Coelodendrum* (Taf. LXIII, Fig. 488; Taf. LXVIII, Fig. 508—510; Taf. LXIX, Fig. 511—512). Hier bildet die Galea, wie erwähnt, einen schmalen, quer zur Hauptachse gelegenen Wulst oder Bügel, der in seiner Mitte am höchsten und an der Basis seiner aboralen Abdachung vielfach etwas eingebuchtet ist. An der Basis der Aboralfläche des Bügels sind die früher beschriebenen arkadenähnlichen Fensteröffnungen gelegen, an der Basis der Oralfläche dagegen findet sich, wenigstens bei den größeren Formen, regelmäßig eine weite, halbmondförmige Nasenöffnung (z. B. Fig. 510). Die so gestaltete Galea trägt nun bei allen von mir genau untersuchten Exemplaren speciell von *Coelodendrum ramosissimum*, *spinosissimum* und *furcatissimum* vier Dendriten, von denen zwei in den Seitenecken, die beiden anderen dicht hintereinander in der erhöhten Mitte der Galea eingepflanzt sind. Erstere sind der oben vorgeschlagenen

Terminologie zufolge als Hauptseitenröhren (Hauptseitendendriten, *hs*) zu bezeichnen, von den letzteren ist der oralwärts, dicht über der Nasenöffnung gelegene, welcher sich näher der Basis zu gabeln beginnt und meist etwas reichlicher gegabelt ist, als Nasalröhre (Nasaldendrit, *n*), der aborale, schwächer entwickelte als Postnasalröhre (Postnasaldendrit, *pn*) zu unterscheiden. Es mag zunächst dahingestellt bleiben, ob wir das Recht haben, diese Anordnung von Galea und Radialröhren descendenztheoretisch als besonders primitiv und somit als Ausgangspunkt für die übrigen Typen anzusehen, jedenfalls kann bei diesen sphärischen Formen über die Funktion der Galea, sowie über die Bedeutung, welche den besonderen Anordnungsverhältnissen der Radialröhren zukommt, kein Zweifel bestehen. Erstere dient hier wohl noch ausschließlich als Postament für die Radialröhren, und zwar besteht ihre specielle Aufgabe in einer bestimmten Direktion der von den Radialröhren auf die Schalenklappe ausgehenden Druckwirkungen. Was nämlich zunächst die Zahl und Gesamtanordnung der 4 Radialröhren von *Coelodendrum* anbelangt, so sehen wir hier offenbar das Ziel verwirklicht, eine möglichst geringe Anzahl von Hauptstreben so zu verteilen, daß die von ihnen ausstrahlenden Endverzweigungen möglichst gleichmäßig das Oberflächenhäutchen des sphärischen oder schwach ellipsoidischen Weichkörpers unterstützen. Es ist sodann ohne weiteres zu erkennen, daß der Bau der Galea selbst und die Einpflanzung der radialen Skelettelemente eine solche ist, daß sämtliche von letzteren auf die Schalenklappe ausgeübten Druckwirkungen, mit Ausnahme der in die Apikalachse fallenden, sich gegenseitig aufheben. Die Druckverteilung ist also eine derartige, daß bei einer wechselnden Vergrößerung und Verkleinerung des Centralkapselvolumens, wie sie nach den Ergebnissen bei anderen Formen auch für die Cölodendriden, speciell bei der vertikalen Wanderung, angenommen werden muß, das Auseinanderweichen und Zusammentreten der inneren Schalenklappen im allgemeinen nur in der Richtung der Apikalachse vor sich geht und daß also eine unregelmäßige Verschiebung der Schalenklappen auf der Oberfläche der Centralkapsel vermieden wird.

Bei der Weiterentwickelung des einfachen wulst- oder bügelförmigen Galeatypus, wie er sich bei den kleineren, sphärischen *Coelodendrum*-Arten findet, haben nun offenbar zwei Faktoren die Hauptrolle gespielt, nämlich 1) die Gestaltveränderungen des Gesamtkörpers und 2) die Uebernahme einer Nebenfunktion ernährungsphysiologischer Art durch die Galea.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß ebenso wie bei anderen Tripyleen, so auch bei den Cölodendriden und Cölographiden im Gegensatz zu den kleineren, meist sphärisch gestalteten Oberflächenbewohnern die in größeren Tiefen vorkommenden Formen zugleich mit der Zunahme des Volumens verschiedenartige Abweichungen von der Kugelgestalt erfahren. Insbesondere findet sich, offenbar im Interesse eines erhöhten Steig- und Sinkvermögens, bei zahlreichen Formen eine mehr oder weniger seitlich abgeplattete Gestalt, so besitzen z. B. *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489) und *Coelodiceras spinosum* (Taf. LXIV, Fig. 493) einen beil- oder schmetterlingsförmigen Weichkörperumriß, bei *Coelographis* und einigen nächstverwandten Gattungen herrscht die Gestalt einer seitlich zusammengedrückten Pyramide vor u. s. w.

Diese Veränderungen in der Gestalt des Gesamtkörpers werden ihrerseits durch eine ungleich starke Ausbildung einzelner radiärer Skelettelemente hervorgerufen. So kommt der schmetterlingsförmige Umriß des Weichkörpers von *Coelodendrum flabellatum* mit seinen flügelartigen Anhängen dadurch zu stande, daß der Stamm der Postnasaldendriten außerordentlich verlängert ist und

ihre zunächst dichotomische Verzweigung erst nahe der Peripherie ihren Anfang nimmt (Fig. 489 *pn*). Aehnliche Verhältnisse liegen bei der Gattung *Coelodiceras* vor, bei welcher die Verlängerung des Nasalstachels bereits mit einem Uebergang zum Griffeltypus verbunden ist (Fig. 493 *n*), und am weitesten ist die Umgestaltung des Weichkörpers auf Grund einseitiger Entwickelung einzelner Radialelemente bei der Unterfamilie der Cöloplegminen gediehen, innerhalb welcher, je nach der Zahl der griffelartig differenzierten Skelettelemente, alle Uebergänge von der Pyramidenform zur Sternform angetroffen werden.

Mit der einseitigen Entwickelung einzelner Radialröhren hängt nun die Umgestaltung der Galea aufs innigste zusammen. In zahlreichen anderen Tripyleengruppen sind, wie wir sahen, die Radialstacheln nicht direkt der Gitterschale eingepflanzt, vielmehr erheben sie sich entweder auf zeltförmigen Schalenaufsätzen oder auf kegelförmigen, meist von fensterartigen Poren durchbrochenen Ausstülpungen der Schalenwandung. Die Bedeutung aller dieser Bildungen, für welche einerseits die Sagosphäriden (Taf. XVII, Fig. 159), andererseits die Castanelliden (Taf. XXXIX, Fig. 293), Circoporiden (Taf. XXI, Fig. 178) und Tuscaroriden (Taf. XXX, Fig. 224) zahlreiche Beispiele liefern, liegt offenbar darin, daß ein von den Terminalbildungen des Radialstachels aufgenommener und durch seinen Schaft weitergeleiteter Druck oder Stoß durch die Basalzelte und Basalkegel möglichst gleichmäßig nach allen Seiten auf die Gitterschale verteilt wird. Ganz das nämliche findet sich aber bei den Cölodendriden und Cölographiden. Es zeigt sich, daß immer diejenigen Teile der Galea, welchen die am stärksten entwickelten Radialelemente aufsitzen, eine meist kegelförmige Erweiterung aufweisen, so daß die Gestalt der Galea im wesentlichen durch die Zahl und das gegenseitige Größenverhältnis der besonders differenzierten Radialstacheln bestimmt wird. Bei *Coelodendrum flabellatum* z. B. (Taf. LXIII, Fig. 489; Taf. LXXI, Fig. 527), bei welchem speciell der Postnasaldendrit eine bedeutende Verlängerung aufweist, ist die Galea nach der Oralseite schuppenförmig ausgezogen; bei *Coelothyrsus* (Taf. LXXI, Fig. 524) ist entsprechend der starken Entwickelung der paarigen Hauptseitengriffel der orale Teil der Galea amboßförmig vorgezogen und in der Mittellinie vielfach eingekerbt, so daß jeder der Griffel auf einer besonderen Wölbung aufsitzt; bei *Coelodrymus lanceolatus* (Taf. LXX, Fig. 522) finden wir die Galea ungefähr in gleichem Maße nach der Basis der Nasal- und der Hauptseitendendriten ausgezogen, während *Coelechinus* insofern ein interessantes Gegenstück hierzu bildet, als, entsprechend der gleichmäßigen Entwickelung der Hauptseiten- und des Aboraldendriten, die Galea eine breit abgestutzte, amboßartig vorgezogene Stirnkante und eine kegelförmig von der Schalenklappe abgehobene und durch einen oder mehrere besondere Pfeiler gestützte Aboralecke besitzt (Taf. LXX, Fig. 520). Bei den Cöloplegminen schließlich macht sich die ungleiche Entwickelung der einzelnen Radialelemente in ganz besonders charakteristischer Weise geltend (Textfig. 41, 42; Taf. LXIX, Fig. 515; Taf. LXXI, Fig. 525): der mächtig entwickelte Nasalgriffel (*n*), unterstützt durch den schwächeren Postnasaldendriten (*pn*), bewirkt eine sehr starke kegelförmige Verlängerung der Galea gegen die Oralseite, die weniger kräftig ausgebildeten Hauptseitendendriten (*hs*) sitzen ihrerseits etwas flacheren Erhebungen der Galea auf, und selbst der schwache Apikaldendrit (*ap*) scheint nicht ohne Einfluß auf die Bildung der Galea zu sein, so daß diese in Oberflächenansicht einen sehr charakteristischen, rautenartigen Umriß erhält (Textfig. 41, 42). Besondere Verhältnisse liegen schließlich bei *Coelodiceras macropylum*

(Taf. LXXI, Fig. 526) vor, bei welchem die im Vergleich zur Schalenklappe ungeheure Entwickelung der ganzen Galea das kegelförmige Auswachsen einzelner Stachelbasen überflüssig zu machen scheint.

Noch ein weiterer Punkt ist gleich hier zu besprechen, nämlich die augenscheinlich sehr engen statischen Beziehungen, welche zwischen der amboßartigen Vorwölbung der Galea und der Ausbildung der Rhinocanna bestehen. Einerseits wird nämlich offenbar durch die Vergrößerung der Nasenöffnung die Oral- oder Stirnfläche der Galea erheblich geschwächt, so daß eine kegelförmige Ausbildung der Stachelbasen um so notwendiger erscheint, andererseits dienen umgekehrt der umgekrempte Rand der Nasenöffnung und die von ihm nach der Stirnfläche der Galea ziehenden Kieselbrücken dazu, den vorgeschobenen Teil der Galea abzustützen und einen Teil des von den Griffeln aufgenommenen Druckes abzuleiten (Taf. LXXI, Fig. 524, 525).

Damit kommen wir auf den zweiten Faktor zusprechen, welcher bei der Weiterentwickelung der Galea aus dem einfachen, bügelförmigen zu dem ausgesprochen amboßförmigen Zustand eine Rolle spielt, nämlich die Uebernahme einer ernährungsphysiologischen Aufgabe.

Es ist hier in erster Linie auf die eigentümliche Verteilung der Phäodellen, d. h. der die Nahrungsteile einschließenden und verdauenden Sekrettropfen, im Weichkörper der Cölodendriden und Cölographiden hinzuweisen. In beiden Gruppen findet man, wie gleich hier vorausgeschickt werden soll, im Gegensatz zu den meisten übrigen Tripyleen, eine außerordentlich wechselnde Anordnung der Phäodellen. Speciell bei den Formen mit wohlausgebildeter Galea und Rhinocanna ist das Phäodium fast stets auf den Innenraum der Galea und auf die Oberflächenschicht des Weichkörpers (Taf. LXXI, Fig. 528) konzentriert, die Galea dient hier also offenbar als vorübergehendes Depot für die Phäodellen, und zwar weist das Vorhandensein einer Rhinocanna, also einer Verbindungsröhre zwischen Astropylengegend und Galeahöhle darauf hin, daß es sich bei der Aufbewahrung der Phäodellen in der Galeahöhle nicht um ein mehr zufälliges, sondern um ein durchaus regelmäßiges Verhältnis handeln muß, daß also hier eine bestimmte, mit der Verdauung im Zusammenhang stehende Cirkulation vorliegt, wie sie in ähnlicher Weise früher für *Phaeocolla valdiviae* (S. 8) beschrieben worden ist.

Die Galea hat demnach neben ihrer statischen Aufgabe noch eine zweite Funktion erhalten, nämlich die eines Depots für die Phäodellen, und man kann sich auch leicht eine Vorstellung betreffs des Weges machen, auf welchem die Galea zur Uebernahme dieser Funktion gelangt ist.

Wie die Radialstacheln der Cölodendriden und Cölographiden selber, so ist auch die ihnen als Postament dienende Galea im Interesse der Material- und Gewichtsersparnis nicht als massiver, sondern als hohler, dünnwandiger Körper zur Ausbildung gelangt. Das nämliche Interesse der Material- und Gewichtsersparnis erfordert es aber, daß der von der Galea eingenommene, mit der weitergehenden Specialisierung des Skelettes immer größer werdende Raum nicht unausgenützt bleibt, und so wird mehr und mehr, unter Ausbildung einer einzigen großen Nasenöffnung an Stelle der zahlreichen unregelmäßigen Fensterporen, dieser Raum den Phäodellen zugänglich gemacht. Die damit verbundene Schwächung der oralen Galeawandung wird nun kompensiert, zum Teil, wie wir gesehen haben, durch kegelförmiges Vorwachsen der Stachelbasen, zum Teil aber durch Ausbildung eines wulst- oder krempenartigen Thorbogens. Mehr und mehr wird

dann, ähnlich wie bei *Phaeocolla*, der Säftestrom in bestimmte Bahnen geleitet: die zunächst als Postament dienende Galea erhält neben ihrer ursprünglichen Bedeutung diejenige einer Verdauungshöhle, und um die Zuleitung des Säftestromes auf direktem Wege und in bestimmt gerichteter Weise zu regulieren, wird sie durch die stärker auswachsende Rhinocanna direkt mit der Astropylengegend, d. h. mit der Stelle, wo Nahrungspartikel und Kernsekrete zusammenstoßen, verbunden.

Es bleibt zum Schluß noch eine Besprechung der **peripheren Bestandteile des Skelettes** übrig.

Die Verzweigung der Radialröhren ist, wie schon früher erwähnt wurde, verschieden, je nachdem dieselben als Dendriten oder als Griffel ausgebildet sind. Die Dendriten sind fast stets dichotomisch verzweigt, und zwar bilden die Schwesteräste bei den einzelnen Species und an den einzelnen Gabelungsstellen sehr verschiedene Winkel, deren Betrag zwischen 30 und 120° schwanken kann. In der Gattung *Coelodendrum* beträgt die Zahl der Gabelungen in der Regel 4—9, die centralen sind streng dichotomisch, die peripherischen dagegen zeigen eine geringere Regelmäßigkeit (Textfig. 43; Taf. LXIII, Fig. 488). Auch bei *Coelodrymus* scheint die dichotome Verzweigung fast durchweg Regel zu sein, ebenso bei den Dendriten der mit Griffeln ausgestatteten Formen. Dagegen fand ich bei dem in der Antarktis für *Coelodendrum furcatissimum* vikarierenden *Coelechinus wapiticornis* sehr häufig schon an der ersten Gabelung der Hauptseitendendriten statt der Dichotomie eine Dreiteilung, wodurch eine derbere Beschaffenheit des gesamten Skelettes im Vergleich zu demjenigen von *Coelodendrum furcatissimum* bedingt ist (Taf. LXX, Fig. 518, 519, 521).

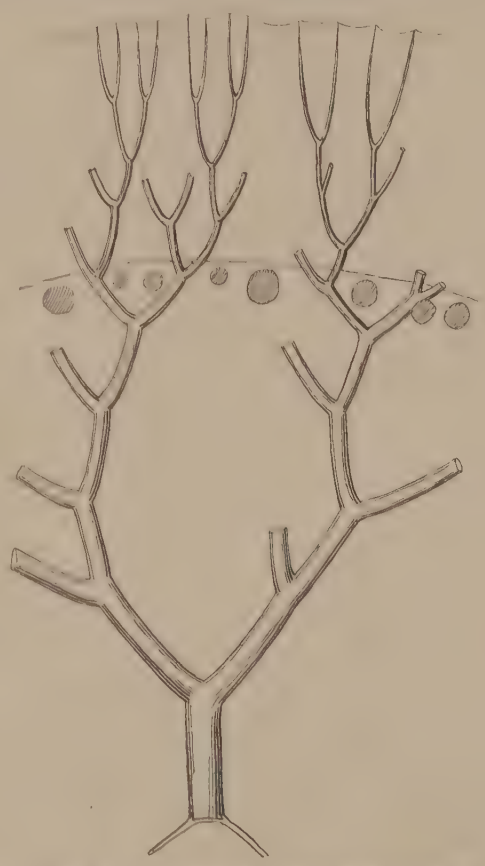


Fig. 43. *Coelodendrum furcatissimum* Haeckel. Mit zweischichtigem Weichkörper.

Die Griffelröhren tragen in ihrem basalen Abschnitt gewöhnlich dendritenförmige Seitenäste, welche einzeln oder paarweise angeordnet sind und ihrerseits zu Griffelröhren umgebildet sein können (Textfig. 41, 42; Taf. LXVI, Fig. 496). Gegen das distale Ende hin, welches mit besonders gestalteten Terminalästen ausgestattet ist, treten an Stelle der Dendriten bezw. Seitengriffel Seitenbäumchen auf, welche je einen Büschel von Ankerfädchen tragen (Fig. 496).

Die Endverzweigungen sowohl der primären, direkt der Galea aufsitzenden Dendriten, als auch der dendritischen Seitenäste der Griffelröhren enden in der einen Reihe von Formen, nämlich in den Haeckel'schen Unterfamilien der Cölodorinen und Cölotholinen, mit Spathillen oder winzigen Endkronen, welche in dem Oberflächenhäutchen der Calymma haften (Taf. LXIII, Fig. 488—491); in der anderen Formenreihe, nämlich in den Unterfamilien der Cölodryminen,

Cölothyrsinen und Cöloplegminen, stehen sie durch tangential verlaufende Anastomosen miteinander in Verbindung und bilden auf diese Weise eine äußere, aus unregelmäßigen polygonalen Maschen bestehende Gitterschale, welche ihrerseits mit ankertragenden Bäumchen besetzt ist (Taf. LXV, Fig. 494; Taf. LXVI, Fig. 496).

Während man die inneren Schalenklappen, wie früher ausgeführt wurde, am ehesten wohl mit den provisorischen (embryonalen) Kieselhüllen der Centralkapseln mancher Tripyleen vergleichen kann, stellen die äußeren Gitterschalen der Cölodendriden und Cölographiden anscheinend Bildungen dar, welche sich erst sekundär aus den radiären Skelettstrukturen herausentwickelt haben und am ehesten mit den subterminalen Astquirlen der Aulacanthidengattung *Aulospathis* (Taf. VII) oder mit den tangential oder rückwärts abgebogenen Terminalästen anderer Aulacanthiden, z. B. *Aulographis tetrastyla* und *arcuata* (Taf. I, Fig. 10 und 11) verglichen werden können.

Die äußere Gitterschale wird bei den Formen, welche Griffelröhren besitzen, von ihren mit Ankerbäumchen und Terminalbildungen versehenen distalen Enden überragt. An der Stelle, an welcher die Griffelröhren aus der äußeren Gitterschale hervortreten, finden sich dann in den meisten Fällen außerordentlich zierliche, glocken- oder domartige Bildungen, welche, morphologisch betrachtet, dadurch zu stande kommen, daß einzelne Verzweigungen der ersten Ankerbäumchen sich zurückbiegen und mit dem Maschenwerk der Schale in Verbindung treten (Taf. LXVI, Fig. 496; Taf. LXIX, Fig. 514 und 516), in funktioneller Hinsicht dagegen in die Kategorie der „Druckverteiler" zu rechnen sind. Ganz besonders schön tritt der morphologische und funktionelle Charakter dieser Dombildungen bei *Coelanthemum auloceroides* (Taf. LXVIII, Fig. 507; Taf. LXIX, Fig. 516) hervor. Hier werden sie nur durch je ein einziges Paar Seitenbäumchen gebildet, ebenso wie auch die tangentiale Verbindung der Radialstacheln mit dem Maschenwerk der äußeren Gitterschale, sowie das von den inneren Stachelabschnitten an die Gitterschale herantretende Strebensystem nur durch je ein Paar gegenständiger Spangen gebildet wird.

Die ankertragenden Bäumchen sowohl der distalen Griffelabschnitte, als der Gitterschale zeigen in der Regel einen dichotomischen Aufbau und erinnern sehr an die bei den großen Medusettiden, insbesondere den Planktonetten, beschriebenen Ankerbäumchen. Die Ankerfäden selber weisen eine Reihe von specifischen Verschiedenheiten auf: bei *Coelodiceras, Coelotetraceras, Coelodrymus* und *Coelothyrsus* trägt das gerade oder wellig verlaufende Fädchen an seinem Ende 2 seitlich abgeplattete, schwach sichelförmig gekrümmte Haken, welche jederseits mit einer Reihe feinster Dornen ausgestattet sind (Taf. LXVII, Fig. 503). Speciell bei *Coleodiceras spinosum* ist unterhalb des Ankers noch eine Gruppe kurzer Zähnchen vorhanden, welche in derselben Ebene wie die Ankerhaken gelegen sind (Taf. LXVI, Fig. 497), während bei *Coelothyrsus* das wellig verlaufende Fädchen mit zahlreichen winzigen Dornen besetzt ist. Im Gegensatz zu den bisher genannten Formen finden sich bei manchen Cöloplegminen Ankerfäden mit mehr als 2 Endhäkchen, welche im ganzen an die entsprechenden Bildungen der Medusettiden erinnern.

Was den genetischen Zusammenhang zwischen den Ankerbäumchen und den gewöhnlichen Dendriten mit spathillentragenden Endverzweigungen anbelangt, so geben uns hierüber die Griffelröhren von *Coelodiceras macropylum* (Textfig. 44) Aufschluß. Hier sieht man nebeneinander kurze Dendriten mit Endspathillen (*a*), ferner solche, bei denen die Endzweige

bereits verlängert und verdünnt sind und am Ende einen Kranz von mehreren Endhaken tragen (*b*), und endlich typische Endbäumchen mit zweihakigen Ankerchen (*c*).

Was die Bedeutung der Ankerfäden bei den Cölodendriden betrifft, so sind dieselben, ebenso wie die entsprechenden Bildungen anderer Tripyleen, da sie im Calymma vollkommen eingeschlossen sind, sicherlich nicht als Fangapparate, sondern als federnde Stützapparate hauptsächlich der oberflächlichen Weichkörperschichten anzusehen.

Die Terminalbildungen der Griffel zeigen ebenfalls in der Regel einen ausgesprochenen dichotomischen Charakter. Ganz besonders ausgeprägt tritt derselbe bei *Coelodiceras spinosum* (Taf. LXIV, Fig. 493) und bei *Coelodecas ambulacrum* (Taf. LXVII, Fig. 503) hervor. Seltener zeigen die Endäste eine kronenartige Anordnung, so bei *Coelographis coronata* (Taf. LXVII, Fig. 504) und vielen Exemplaren von *Coelodecas antarctica* (Taf. LXVII, Fig. 500). Bei *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 469) geht die dichotomische Verzweigungsart in eine einzeilige, fächerförmige über: die 4 paarweise angeordneten Hauptäste der Postnasalröhren tragen je 8—10 in einer Reihe angeordneter Terminaläste, und zwar liegen die Terminaläste aller 4 Hauptäste (mit alleiniger Ausnahme der 2 letzten, leicht nach außen gekrümmten Aeste) in einer und derselben Ebene, wie man an abgeschnittenen Röhrenenden bei Ansicht von oben leicht feststellen kann (Taf. LXIX, Fig. 517).

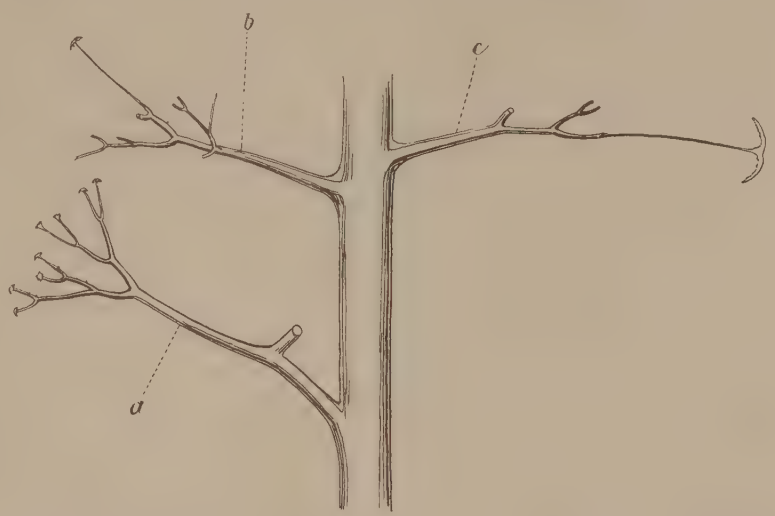


Fig. 44. *Coelodiceras macropylum* n. gen., n. sp. *a—c* Uebergang von den spathüllentragenden Seitendendriten zu Ankerbäumchen.

Die Gestalt der Endäste ist in der Regel fingerförmig, sie sind vielfach mit feinen Dornen besetzt und stützen mit ihren Endspathillen oder Endkronen, wie namentlich an gut konservierten Exemplaren von *Coelodendrum flabellatum* (Fig. 469) und verschiedener Cöloplegminen (Taf. LXVII, Fig. 503) mit Sicherheit erwiesen werden konnte, das Oberflächenhäutchen des Calymmas.

Bezüglich der **Entwickelung des Skelettes** weisen einige Funde mit Bestimmtheit darauf hin, daß die Vorgänge sich im wesentlichen ähnlich abspielen wie bei den Aulacanthiden. Es wurden mehrere Exemplare z. B. von *Coelographis regina* gefunden, welche noch ein vollkommen weiches, färbbares Skelett besaßen. Auch fanden sich Exemplare, bei welchen die Terminalbildungen die Form von kleinen, knospenartigen Ausstülpungen des Röhrenendes besaßen, in ähnlicher Weise, wie dies bei den Radialstacheln einiger *Aulospathis*-Exemplare (Taf. VI, Fig. 62) beobachtet wurde. Es weisen diese als erste Entwickelungsstadien oder auch als Entwickelungshemmungen zu deutenden Vorkommnisse darauf hin, daß die Terminalverzweigungen durch Sprossung der noch weichhäutigen Stachelanlagen ihre Entstehung nehmen.

Abnormitäten verschiedener Art finden sich auch bei den Cölographiden nicht selten vor. Schon früher wurde ein Exemplar von *Coelotetraceras xanthacanthum* mit überzähligem Griffel erwähnt. Hervorgehoben seien noch mehrere Individuen von *Coelodendrum lappaceum* mit geknickten und verbogenen Stachelästen, sowie eine Doppelbildung des Griffelendes bei einem Exemplar von *Coelographis regina* (Taf. LXVI, Fig. 498 *a*).

In Bezug auf den **Weichkörper** hat zuerst BÜTSCHLI (1882) für *Coelothamnus Davidoffii* festgestellt, daß die ungemein ansehnlich entwickelte, ganz wasserklare Gallerte das gesamte Skelett bis zu den äußersten Spitzen der Strahlen umhüllt und sich mit jedem Strahl etwas über das Niveau der gemeinsamen Gallertkugel erhebt, so daß sie gleichfalls einen strahligen Bau zeigt. „Ihre Durchsichtigkeit ist so groß, daß bei der Untersuchung im Seewasser nichts von ihr zu bemerken war; sehr deutlich trat sie jedoch sofort hervor, als das Objekt in Karminlösung eingelegt wurde, da diese nun bis zu ihrer Oberfläche dringen konnte; bei längerem Aufenthalt in Karmin färbte sie sich lebhaft rot." In einem gewissen Widerspruch hiezu nimmt HAECKEL für die Cölodendriden sens. strict. an, daß die äußeren Terminaläste, sowie die Ankerfädchen frei über die Oberfläche der Gallerte hervorragen, und zu derselben Ansicht ist er bezüglich der Griffelendkronen und der Ankerfädchen der Cölographiden gelangt.

Im Einklang mit BÜTSCHLI und im Gegensatz zu HAECKEL kann ich für eine ganze Reihe von Cölodendriden sens. strict., ferner für mehrere Cöloplegmiden nachweisen, daß thatsächlich das ganze Skelett vom Weichkörper eingeschlossen ist, und daß das Oberflächenhäutchen des Calymmas von den Endverzweigungen der radialen Skelettelemente getragen und ausgespannt erhalten wird. Insbesondere konnte ich auch bei einem vorzüglich erhaltenen Exemplar von *Coeloplegma murrayanum* feststellen, daß auch die Ankerfädchen im Inneren der Gallerte gelagert sind. Denn der Abstand des extracalymmalen Sarkodehäutchens von der äußeren Gitterschale ist hier genau der Länge der Ankerfädchen gleich. Man kann daraus schließen, daß die Ankerchen selber in gewissen Kontraktionszuständen der Gallerte, und zwar wahrscheinlich bei minimaler Ausdehnung derselben, im Oberflächenhäutchen haften.

Bei mehreren Exemplaren von *Coelodendrum furcatissimum* fand ich innerhalb der Gallerte zwei konzentrische Schichten. Speciell bei dem in Textfig. 43 abgebildeten Exemplar reichte die äußere, vom extracalymmalen Oberflächenhäutchen umhüllte, nahezu wasserklare Schicht nach innen bis zur viertletzten Gabelungsstelle und ist hier im optischen Durchschnitt durch eine vollkommen scharfe Linie von der inneren, mit Karmin außerordentlich schwach färbbaren Schicht geschieden. Dicht unterhalb des die beiden Schichten trennenden Horizontes sind die Phäodellen locker verteilt. Ob es sich hier um künstliche oder natürliche Strukturverhältnisse handelt, wage ich an meinem Material nicht zu entscheiden.

Was im übrigen die Beschaffenheit des Calymmas anbelangt, so vermag ich, da mir selbst in Neapel keine lebenden Cölodendren zu Gesicht gekommen sind, keine eigenen Erfahrungen mitzuteilen. Nach R. HERTWIG (1879, S. 99) sind bei den Cölodendren die Vakuolen weniger zahlreich als bei den Aulacanthen. Bei 2 lebenden Exemplaren von *Coelodendrum ramosissimum* beobachtete R. HERTWIG ferner, daß die extrakapsuläre Sarkode auf der aboralen Seite in der Mitte zwischen den zwei Nebenöffnungen eine besondere Anordnung annahm, indem sie einen langgestreckten zuckerhutartigen Fortsatz erzeugte, welcher fein gestreift war, als sei er aus blassen Fibrillen zusammengesetzt (Textfig. 45). „Der Fortsatz bewegte sich sehr langsam, wie

tastend, verlängerte und verkürzte sich, während zugleich auf ihm zahlreiche farblose Körnchen auf und ab stiegen, wie sie in großen Mengen in der extrakapsulären Sarkode zirkulierten. Das Ende des Fortsatzes war abgerundet, von ihm entsprangen zuweilen feine pseudopodienartige Fädchen, die nach kurzer Zeit wieder eingezogen wurden." Das ganze Gebilde hält R. HERTWIG seiner Struktur nach für eine, mit der „Sarkodegeißel" der Disciden vergleichbare Ansammlung feinster Protoplasmafäden. Es wird auf zukünftigen Expeditionen speciell bei lebenden Exemplaren der großen Tiefenformen das Augenmerk auf diese Dinge zu richten sein.

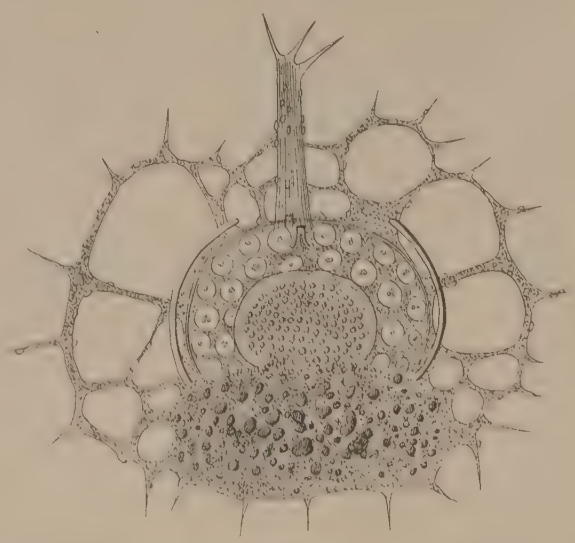


Fig. 45. Centralkapsel von *Coelodendrum ramosissimum* HAECKEL. Nach R. HERTWIG, 1879, Taf. X, Fig. 3.

Das Phäodium ist nach HAECKEL bei den Cölodendriden sens. strict. sehr groß, drei- bis viermal so breit wie die Centralkapsel, welche von ihm gewöhnlich in ihrer vorderer Hälfte, häufig aber vollständig umhüllt wird. HAECKEL giebt ferner an, daß häufig zahlreiche grüne, braune oder schwärzliche Phäodellen durch das ganze Calymma zerstreut sind und sich zuweilen in einer oberflächlichen Schicht anhäufen. Auch die Galeae seien gewöhnlich mit Phäodium angefüllt. Bezüglich der Cölographiden berichtet HAECKEL ferner, daß das Phäodium nur einen kleinen Teil des Calymmas ausfüllt und gewöhnlich nur in den beiden Galeae und ihren Rhinocannen eingeschlossen sei.

Ich habe sowohl bei Cölodendriden sens. strict. als bei Cölographiden eine außerordentlich wechselnde Anordnung der Phäodellen beobachtet. Speciell bei *Coelodendrum furcatissimum*, von welchem mir die zahlreichsten Exemplare zur Verfügung stehen, fand ich bald die ganze Centralkapsel von einer dichten Masse von Phäodium umhüllt, bald waren die Phäodellen hauptsächlich in der Astropylengegend, sowie in den lobenartigen, von den Dendritenpaaren überwölbten centralen Weichkörperbezirken angehäuft. Wieder bei anderen Exemplaren waren die Phäodellen fast ausschließlich in der äußeren Weichkörperschicht unterhalb des Oberflächenhäutchens, bezw. (Textfig. 43) in der äußersten Schicht der inneren Weichkörperzone in lockerer Anordnung verteilt. Im Hinblick auf die verschiedene Quantität und Anordnung des Phäodiums, speciell bei den oberflächen- und tiefenbewohnenden Challengeriden, lag es nahe, zu untersuchen, ob vielleicht diese verschiedene Verteilungsweise der Phäodellen mit den Vertikalbewegungen der Tiere im Zusammenhang steht, jedoch war mein Schließnetzmaterial für die Entscheidung dieser Frage ungenügend, da die betreffenden Fänge sich auf zu große Intervalle erstreckten. Auch bei *Coelodendrum flabellatum* fand ich das Phäodium bald auf die Astropylengegend konzentriert, bald nahezu ausschließlich in der Oberflächenschicht verteilt (Taf. LXIII, Fig. 489).

Bei den Cölographiden fand ich die Phäodellen meist auf den Innenraum der Galea und auf die Oberflächenschicht des Weichkörpers konzentriert. Seltener fanden sich Anhäufungen

von Phäodellen in der Astropylengegend vor. Ueber die vermutliche Bedeutung der Galea als eines Verdauungsraumes wurde bereits oben gesprochen.

Was die Zusammensetzung des Phäodiums anbelangt, so wurden von bemerkenswerten Vorkommnissen bei einem Exemplar von *Coeloplegma murrayanum* im Inneren des Phäodiums ein paar leere Schalen einer Challengeride *(Protocystis tridens)* gefunden, bei einem Exemplar von *Coelodecas* ein *Cadium*-Gehäuse, ferner bei mehreren Exemplaren von *Coelodendrum furcatissimum* und *Coelechinus* neben den gewöhnlichen Nahrungskörpern (Diatomeen, Spumellarien) einzelne kleinere, von einem färbbaren Substanztropfen umhüllte Globigerinen. Challengeriden sowohl wie Globigerinen werden sonst nur in sehr seltenen Fällen als Einschlüsse des Phäodiums der Tripyleen angetroffen.

Die Centralkapsel der Cölodendriden besitzt, wie zuerst R. HERTWIG (1879) festgestellt hat und wie ich auf Grund von Schnittserien bestätigen kann, die gewöhnliche Beschaffenheit und die typischen drei Oeffnungen der Tripyleen (Textfig. 45). Für die Hauptöffnung (von *Coelodendrum ramosissimum*) giebt R. HERTWIG noch an, daß sie die Gestalt einer Brustwarze besitze und durch eine besonders lange Proboscis ausgezeichnet sei. Von den Nebenöffnungen wird gesagt, daß sie einen sehr schmalen und im Verhältnis ziemlich langen Oeffnungshals besitzen und die darunter befindliche homogene Stelle (der Bulbus) klein und wenig tingierbar sei. Meine Schnittpräparate zeigen, daß speciell bei *Coelodendrum furcatissimum* die Parapylen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber den Nebenöffnungen anderer Tripyleen aufweisen.

Im übrigen habe ich, wie ich in Ergänzung der Angaben von R. HERTWIG und HAECKEL anführen möchte, auf Schnitten durch die Centralkapsel von *Coelodendrum furcatissimum* nach Konservierung mit Chromosmiumessigsäure folgende Verhältnisse gefunden:

Die Centralkapselmembran erschien mir im Gegensatz zu der Darstellung HAECKEL's stets einfach. In der intrakapsulären Sarkode können drei Schichten unterschieden werden: eine äußerste dünne Schicht, welche mitunter durch einen Spaltraum von der folgenden getrennt ist und in den seitlichen Partien der Centralkapsel eine einfache, in der Astropylengegend eine mehrfache Lage von dunkel färbbaren Substanztröpfchen einschließt; eine mittlere, am stärksten entwickelte Schicht mit sehr dichtgedrängten, großen Vakuolen, welche nur in dem Zwischenraum zwischen Astropyle und Kern fehlen; und eine innerste Lage, welche eine filzige Beschaffenheit aufwies. Manchmal erinnerten die tangential zur Kernoberfläche verlaufenden Streifen dieser Schicht einigermaßen an die intrakapsulären „Kanäle" der Aulacanthiden und anderer Tripyleen. Die von HAECKEL beschriebenen Kristalle, welche den Raum zwischen Astropyle und Kern einnehmen, habe ich nicht gefunden.

Der Kern zeigte bei keinem der von mir geschnittenen Exemplare einen ausreichenden Konservierungszustand. Das Centrum war von der grob-spongiösen, stark färbbaren Chromatinsubstanz ausgefüllt, die peripherischen Teile enthielten ein unregelmäßiges körniges, gelbbraunes Gerinnsel. Manchmal waren innerhalb des letzteren einige Schollen färbbarer Substanz erhalten: in diesen Fällen erinnerte das Aussehen der Kerne einigermaßen an die „Radstruktur" im Kerne von *Aulacantha*.

Aehnliche Verhältnisse wie bei *Coelodendrum furcatissimum* fand ich auch auf Schnittpräparaten von einigen Exemplaren von *Coelographis regina*.

Vermehrung. In Bezug auf die Vermehrung liegt mir nur eine Beobachtung vor, nämlich ein zweikerniges Stadium von *Coelodendrum lappaceum.* Man wird wohl die Annahme machen dürfen, daß bei den Cölodendriden der Zweiteilung des Kernes eine Teilung der Centralkapsel und des ganzen Tieres und eine Regeneration des Halbskelettes in jedem Halbtier folgt.

Horizontalverbreitung. Als eigentlich kosmopolitisch oder eurytherm im weitesten Sinne des Wortes kann wohl nur *Coelodendrum ramosissimum* angesehen werden. Warmwasserformen oder besser äquatoriale, auf die Meeresteile zwischen 40° N. und 40° S. beschränkte Formen sind: *Coelodendrum spinosissimum, furcatissimum* (von diesem wurde nur ein Exemplar in der Antarktis gefunden), *lappaceum, flabellatum, Coelotetraceras xanthacanthum, Coelothyrsus cypripedium, Coelographis regina, Coelodecas decastyla* und *pentagona.* Von diesen können jetzt schon *Coelodendrum furcatissimum, lappaceum* und *flabellatum,* sowie *Coelographis regina* und *Coelodecas decastyla* als trioceanisch bezeichnet werden, die übrigen sind nur aus dem Atlantik und Indik bekannt. Speciell *Coelodendrum flabellatum* scheint, wenigstens im Atlantik und Indik, die eigentlich tropischen Gebiete zu bevorzugen, während umgekehrt *Coelothyrsus cypripedium* häufiger in den gemäßigteren Breiten aufgefunden wurde.

Von begrenzteren Vorkommnissen sind ferner zu erwähnen *Coelodiceras spinosum,* welches bisher nur in den südlichen Gebieten des Atlantik erbeutet wurde, und *Coeloplegma murrayanum,* welches auf den nordöstlichen Atlantik konzentriert zu sein scheint.

Als antarktische Kaltwasserformen sind bisher nur bekannt geworden: *Coelechinus wapiticornis* und *Coelographis antarctica.*

Ueber die **Vertikalverbreitung** der Cölodendriden ist leider zur Zeit nur wenig Sicheres bekannt. *Coelodendrum ramosissimum, spinosissimum* und *furcatissimum* konnten auf Grund verschiedener Plankton- und Schließnetzfänge als knephoplanktonisch festgestellt werden, und zwar scheint letztere Art in etwas tieferen Schichten als die beiden ersteren vorzukommen. Inwieweit sie sich in die Schichten des Phao- und Skotoplanktons erstrecken, läßt sich zur Zeit nicht bestimmen. Hinsichtlich der Vertikalverbreitung der Cölotholinen und Cöloplegminen wissen wir bis jetzt nur, daß *Coelotholus Davidoffii* bei Villafranca an der Oberfläche gefischt wurde, möglicherweise als zufälliges Vorkommnis, und daß *Coeloplegma murrayanum* nach den Untersuchungen Fowler's offenbar eine pamplanktonische, sogar noch in den Schichten des Phaoplanktons verbreitete Form ist. Auch Haeckel gibt für eine Reihe von Cöloplegminen ein oberflächliches Vorkommen an.

Systematik. Nach Haeckel sind die beiden Familien der Cölodendriden und Cölographiden dadurch unterschieden, daß die ersteren keine Rhinocanna und keine Frenula besitzen und daß bei ihnen keine Radialröhren zu Griffeln ausgebildet sind. Es wurde bereits in der Einleitung zu der Unterordnung der Phäodendria hervorgehoben, daß sich in Bezug auf die genannten Merkmale keine scharfe Grenze zwischen beiden Familien ziehen läßt und daß also beide Familien am besten in eine einzige zusammengezogen werden.

Was die Haeckel'schen Unterfamilien anbelangt, so bilden diese im ganzen sehr gut charakterisierte, großenteils selbständig nebeneinander verlaufende Formenreihen. Man wird daher dieselben als wohlberechtigte Kategorien beibehalten dürfen, nur ist bei ihrer Kennzeichnung in erster Linie auf die primären Charaktere, nämlich auf die Anordnung und den relativen Ausbildungsgrad der einzelnen Radialröhren, und erst in zweiter Linie auf die durch die letzteren

bedingte Ausbildung von Galea, Rhinocanna und Frenulis Wert zu legen. Außerdem ist den 4 HAECKEL'schen Unterfamilien noch eine fünfte, die der Coelothyrsinae, hinzuzufügen.

Die erste Unterfamilie der Cölodorinen umfaßt diejenigen Formen, bei welchen sowohl Nasal- als auch Hauptseitenröhren und außerdem meistens eine Postnasalröhre ausgebildet ist, bei welchen aber im Gegensatz zu den Cöloplegminen keine äußere Gitterschale vorhanden ist. Abgesehen von der Gattung *Coelodoras,* bei welcher sich nach HAECKEL in den drei Ecken der Galea 3 oder 4 gerade, unverästelte Radialröhren erheben, weisen die sphärisch-gestalteten Formen der Gattung *Coelodendrum* die einfachsten Verhältnisse auf, insofern sich von der bügel- oder schuppenförmigen, einer eigentlichen Rhinocanna stets entbehrenden Galea 4 als Dendriten ausgebildete, ziemlich gleichmäßige entwickelte Radialröhren erheben (Taf. LXIII, Fig. 488). Bei *oelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489) zeigt der Postnasaldendrit eine überwiegende Entwickelung, womit ein Uebergang der sphärischen Gestalt in eine abgeplattete, schmetterlingsförmige verbunden ist, eine Entwickelungsrichtung, die in anscheinend selbständiger Weise von der Gattung *Coelodiceras* (Taf. LXIV, Fig. 493) eingeschlagen wird. Bei letzterer ist der erste Anlauf zur Griffelbildung wahrzunehmen (Fig. 493 *n*).

In der zweiten Unterfamilie, bei den Cölotholinen sind die Nasalröhren in Wegfall gekommen. Im übrigen erinnern diese Formen infolge der Abwesenheit einer äußeren Gitterschale noch sehr an die Cölodorinen.

Unter den Formen mit äußerer Gitterschale schließen sich die noch nicht genügend bekannten, griffellosen Cölodryminen hinsichtlich der Anordnung der Radialröhren und des primitiveren Baues der Galea sehr eng an die Cölodorinen an, während die mit Griffeln ausgestatteten Gruppen der Cölothyrsinen und Cöloplegminen von hier aus in zwei verschiedenen Richtungen divergieren: bei den ersteren fehlen die Nasalröhren, bei den letzteren sind dieselben neben den Hauptseitenröhren zu besonderer Entfaltung gelangt.

Es ergibt sich danach folgendes System der Cölodendriden sens. lat.:

Keine äußere Gitterschale	Mit Nasalröhren: 1. Unterfamilie. Coelodorinae.		Röhren unverzweigt:	1. Gattung:	*Coelodoras* HAECKEL
			Röhren als Dendriten ausgebildet:	2. Gattung:	*Coelodendrum* HAECKEL
			Nasalröhre als Griffel ausgebildet:	3. Gattung:	*Coelodiceras* n. gen.
	Ohne Nasalröhren: 2. Unterfamilie. Coelotholinae.		Röhren sämtlich als Dendriten ausgebildet:	4. Gattung:	*Coelechinus* n. gen.
			Die 4 Hauptseitenröhren als Griffel ausgebildet:	5. Gattung:	*Coelotetraceras* n. gen.
			8 Griffel:	6. Gattung:	*Coelotholus* HAECKEL
			12 Griffel:	7. Gattung:	*Coelothauma* HAECKEL
			16 Griffel:	8. Gattung:	*Coelothamnus* HAECKEL
Aeußere Gitterschale vorhanden	Keine Griffel, Rhinocanna verschieden stark entwickelt: 3. Unterfamilie. Coelodryminae.		Aeußere Gitterschale einfach:	9. Gattung:	*Coelodrymus* HAECKEL
			Aeußere Gitterschale spongiös:	10. Gattung:	*Coelodasea* HAECKEL
	Radialröhren zum Teil als Griffel ausgebildet; Rhinocanna meist wohlentwickelt	Galea ohne Nasalgriffel: 4. Unterfamilie. Coelothyrsinae.		11. Gattung:	*Coelothyrsus* HAECKEL
		Galea mit Nasalgriffel und Seitengriffeln: 5. Unterfamilie. Coeloplegminae.	6 Griffel:	12. Gattung:	*Coelographis* HAECKEL
			10 Griffel:	13. Gattung:	*Coelodecas* HAECKEL
			14 Griffel:	14. Gattung:	*Coeloplegma* HAECKEL
			8 Griffel:	15. Gattung:	*Coelospathis* HAECKEL
			12 Griffel:	16. Gattung:	*Coelostylus* HAECKEL
			16 Griffel:	17. Gattung:	*Coelagalma* HAECKEL
			28 Griffel:	18. Gattung:	*Coelanthemum* n. gen.

1. Unterfamilie. Coelodorinae.

Coelodorida HAECKEL, 1887.

Cölodendriden mit Nasal- und mit Hauptseitenstacheln, meist ohne eigentliche Rhinocanna. Ohne äußere Gitterschale.

1. Gattung. *Coelodoras* HAECKEL.

Röhren unverzweigt. HAECKEL beschreibt 2 Formen aus dem Pacifischen Ocean. Im „Valdivia"-Material ist die Gattung nicht vertreten.

2. Gattung. *Coelodendrum* HAECKEL.

Galea bügel- oder schuppenförmig, an der Oralfläche meist mit weiter Nasenöffnung, ohne Rhinocanna. 4 Radialröhren (Nasal-, Postnasal- und 2 Hauptseitenröhren) stets als Dendriten ausgebildet. Keine äußere Gitterschale.

Coelodendrum ramosissimum HAECKEL.

Taf. LXIII, Fig. 488; Taf. LXVIII, Fig. 508—510; Textfig. 45.

Coelodendrum ramosissimum HAECKEL, 1862, S. 363, Taf. XIII, Fig. 1—3; R. HERTWIG, 1879, S. 93, Taf. X, Fig. 3, 12; HAECKEL, Rep., 1887, p. 1735; FOWLER, 1898, p. 1027; BORGERT, 1901 a, S. 45, Fig. 53; 1903, S. 757; LO BIANCO, 1903, S. 226.

Gestalt im ganzen sphärisch oder leicht ellipsoidisch.

Galea bügel- oder schuppenförmig (an der Oralseite leicht überhängend), an der Basis der Hinterfläche mit einer Reihe von kleinen fensterförmigen Oeffnungen, an der Oralseite mit weiter Nasenöffnung, welche bei sehr kleinen Exemplaren fehlen kann (Taf. LXVIII, Fig. 508—510).

Die 4 Dendriten 4—6mal gegabelt, die Postnasalröhre meist schwächer als die Nasalröhre ausgebildet (bei ersterer ist die erste Gabelung weiter von der Basis entfernt als bei letzterer).

Endäste mit scheibenförmiger, einen Kranz von 4—7 rückwärts gekrümmten, kräftigen Zähnen tragender Spathilla.

Durchmesser: 0,55—1,2 mm (nach HAECKEL 1,2—1,8, nach BORGERT 1,0—1,8 mm).

Fundorte: Mittelmeer, Atlantik, Indik, Pacifik (HAECKEL), Färör-Kanal (FOWLER), Irmingersee, Labradorstrom, Guineastrom (200—400 m), Südäquatorialstrom (500—700 m, BORGERT), Mittelmeer (LO BIANCO);

T.-St. 22, 29, 32 (canarische Strömung, V.), 41 (Guineastrom, V.), 49, 50 (Südäquatorialstrom, V.), 65 (Golf von Guinea, V.), 90 (Benguelastrom, P. 200), 115 (Benguelastrom, V.), 132 (Antarktis, S. 220—140), 135, 136 (Antarktis, V.), 173 (südlicher Indik, V.), 217, 218, 223, 239, 268 (nördlicher Indik, V.), 228 (nördlicher Indik, S. 320—250).

Verbreitung: Anscheinend kosmopolitische (eurytherme), vorwiegend knephoplanktonische Form.

Coelodendrum spinosissimum HAECKEL.

Taf. LXX, Fig. 523.

Coelodendrum spinosissimum HAECKEL, Rep., p. 1735, Taf. CXXI, Fig. 7.

Von voriger Art, mit welcher sie nach Größe, Gestalt und Verzweigung des Skelettes im wesentlichen übereinstimmt, ist die vorliegende Form dadurch unterschieden, daß die Endverzweigungen einen bedornten (echinoidal, subspherical or club-shaped) Endknopf besitzen. In der Regel sind an demselben ein apikaler Enddorn und 2 übereinander befindliche Kränze von Seitendornen zu unterscheiden.

Bemerkt sei noch, daß ich bei meinen Exemplaren die Galeae und Schalenklappen häufig von besonders großen Poren durchlöchert fand und daß der obere Rand der Nasenöffnung nicht selten, ähnlich wie bei *C. flabellatum*, eine wulstartige Verdickung zeigte — die erste Andeutung einer Rhinocanna (Taf. LXX, Fig. 523). Einmal (T.-St. 54) fand ich 4 gleich große Individuen, welche infolge Verschmelzung der Calymmen zu einer Kette verbunden waren (natürliche Koloniebildung oder zufällige Verklebung?).

Durchmesser: 1,8—2,2 mm.

Fundorte: Ch.-St. 346—349 (tropischer Atlantik, HAECKEL);

T.-St. 22, 32, 34 (canarische Strömung, V.), 41, 44 (Guineastrom, V.), 49 (Südäquatorialstrom, V.), 54, 55 (Guineastrom, V. und P. 200), 64, 65, 66 (Golf von Guinea, P. 200 und V.), 112 (Agulhasbank, V.), 182 (indischer Südäquatorialstrom, V.), 215, 217, 218, 223, 229, 236, 239, 259, 268 (nördlicher Indik, V., P. 200 und S. 200—20).

Verbreitung: Im Gegensatz zu voriger offenbar nur in wärmeren Meeresgebieten verbreitete, knephoplanktonische Form.

Coelodendrum furcatissimum HAECKEL.

Taf. LXIX, Fig. 511, 512; Textfig. 43.

Coelodendrum furcatissimum HAECKEL, Rep., p. 1735, Taf. CXXI, Fig. 1—4.

Gestalt kugelig.

Galea bügelförmig, mit eingebuchteter Aboralseite (Taf. LXIX, Fig. 511, 512), an der Basis der Aboralseite meist mit einer arkadenartigen Reihe von Poren (Fig. 511), an der Oralseite mit verschieden weiter, meist niedriger (schlitzförmiger) Nasenöffnung.

Die 4 Dendriten sind 6—9mal regelmäßig dichotomisch gegabelt; die langen, dünnen Endäste divergieren unter spitzem Winkel und tragen Endkronen mit 3 oder 4 winzigen, aufrechten Zähnen.

Durchmesser 2—2,5 mm.

Varianten: Es treten in denselben Fängen gröbere Formen mit weniger zahlreichen Endästen und feinere mit reichlicherer Gabelung auf. Auch die Ausbildung der Endkronen ist individuell verschieden.

Fundorte: Atlantik, Indik, Pacifik (HAECKEL);

T.-St. 26, 32, 34 (canarische Strömung, V.), 41, 42, 43, 44, 54 (Guineastrom, V. und S. 550—250), 49 (Südäquatorialstrom, V.), 64, 65, 66 (Golf von Guinea, S. 500—300), 85 (Benguelastrom, V.), 142 (Antarktis, V., nur ein großes Exemplar), 175, 182 (indischer Aequatorialstrom, V.), 213, 214, 215, 217, 218, 221, 223, 226, 228, 231, 235, 236, 239, 268, 271 (nördlicher Atlantik, V. und einmal S. 320—250, überall zahlreich, zum Teil massenhaft).

Verbreitung: Offenbar überwiegend knephoplanktonische Form der wärmeren Meeresteile. In der Antarktis wurde nur ein einziges Exemplar neben zahlreichen Exemplaren der vikarierenden Form *(Coelechinus wapiticornis)* gefunden.

Coelodendrum lappaceum Haeckel.

Taf. LXIII, Fig. 490; Textfig. 46.

Coelodendrum lappaceum Haeckel, Rep., p. 1736.

Gestalt kugelig bis leicht ellipsoidisch.

Galea bügel- bis schuppenförmig, mit „gemaserter" Wandung, an der Oralseite mit halbmondförmiger Nasenöffnung.

Die Nasal- und Hauptseitenröhren 7mal, die Postnasalröhre 5—6mal regelmäßig dichotomisch gegabelt. Die beiden fingerförmigen Endäste bilden eine schmale Gabel, sind mit meist kräftigen, rückwärts gekrümmten Häkchen besetzt und besitzen einen bedornten Endknopf, welcher 1—3 Apikaldornen und einen Kranz von 6—10 zurückgebogenen Seitenzähnen trägt (Fig. 490).

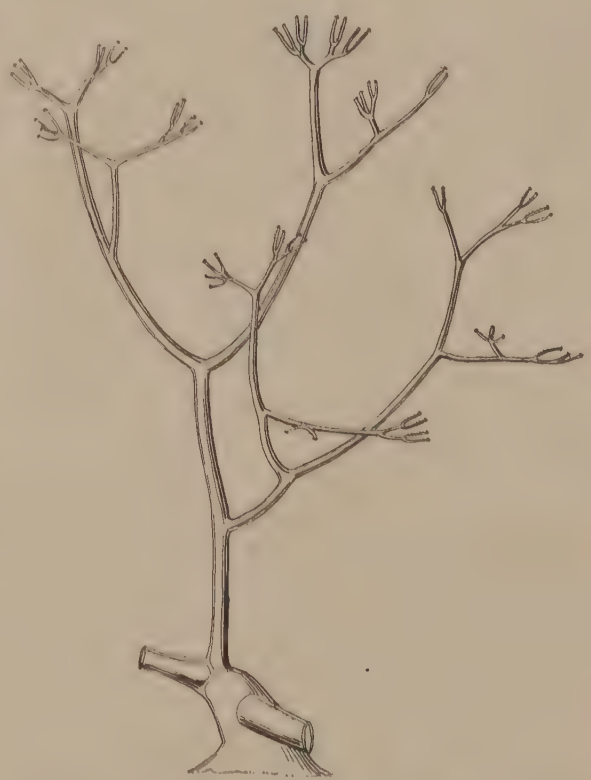


Fig. 46. Postnasaldendrit von *Coelodendrum lappaceum* Haeckel.

Durchmesser: 3—3,2 mm (nach Haeckel 1,5—1,8 mm).

Die mir vorliegenden Exemplare stimmen, abgesehen von der Größe, recht gut mit der Beschreibung überein, welche Haeckel von seinem südpacifischen *C. lappaceum* gegeben hat. Bei einigen Exemplaren waren die Endäste verbogen, eines besaß eine zweikernige Centralkapsel.

Fundorte: Ch.-St. 285—295 (südlicher Pacifik, Haeckel);

T.-St. 49 (Südäquatorialstrom, V.), 73, 74, 86 (Benguelastrom, V., mehrere Exemplare), 218 (nördlicher Indik, V., mehrere Exemplare).

Verbreitung: Trioceanische, in warmen und kühleren Gebieten verbreitete Form. Vertikalverbreitung unbekannt.

Coelodendrum (Coelodendronium) flabellatum HAECKEL

Taf. LXIII, Fig. 489; Taf. LXIX, Fig. 517; Taf. LXXI, Fig. 527, 529.

Coelodendrum (Coelodendronium) flabellatum HAECKEL, p. 1737, Taf. CXXI, Fig. 6.

Gestalt abgeplattet, beil- oder schmetterlingförmig; die Spaltebene schneidet den Körper in einem kleinsten Schnitt.

Galea schuppenförmig, mit „gemaserter" Wandung, an der Oralfläche mit halbmondförmiger Nasenöffnung, deren oberer Rand zuweilen wulstartig verdickt ist (Fig. 527, 529).

Außer den Nasal- und Postnasaldendriten, sowie den Hauptseitendendriten sind jederseits eine kurze, unverzweigte, vielfach wellenförmig gekrümmte Apikalröhre und eine wenig verzweigte, dem aboralen Helmrande aufsitzende, aboralwärts gerichtete Aboralröhre vorhanden (Fig. 489 u. a.). Von den 4 erst genannten Röhren sind die Postnasaldendriten am stärksten entwickelt: sie besitzen einen verlängerten, ungegabelten Stiel und dehnen mit ihren vier fächer- oder besser geweihähnlichen Endbildungen den Weichkörper flügelartig aus. Die Geweihe (Fig. 517) bestehen aus 8—10 fingerförmigen, einreihig angeordneten Endästen, von welchen die am meisten basal gelegenen paarweise vereinigt sind, die distalen einzeln stehen. Die Endäste liegen mit Ausnahme der letzten (nach außen gebogenen) in einer Ebene, zuweilen sind sämtliche 4 Geweihe (mit Ausnahme der letzten Endäste) nahezu in einer und derselben Ebene ausgebreitet (Fig. 517). Die Endäste stimmen im wesentlichen mit den Endästen von *C. lappaceum* überein: sie sind fein bedornt und schließen mit einem Endknopf ab, welcher einen aufrechten Apikaldorn und einen Kranz von Seitenzähnchen trägt.

Nächst den Postnasaldendriten sind die direkt oralwärts gerichteten Nasaldendriten am stärksten entwickelt: sie beginnen mit der Bifurkation ebenfalls ziemlich weit von ihrer Basis und sind 4—5mal gegabelt (Fig. 489 *n*). Die beiden schräg nach der Aboralseite gerichteten Hauptseitendendriten sind 5mal gegabelt. Die Endäste der 3 zuletzt genannten Dendriten weisen die nämliche Beschaffenheit wie die der Postnasaldendriten auf.

Längster Durchmesser (zwischen den Spitzen der Postnasaldendriten gemessen) 4,5—5, Querdurchmesser 2,5 mm.

Die mir vorliegenden Exemplare stimmen sehr gut mit der Beschreibung überein, welche HAECKEL von seinem aus dem nördlichen Pacifik stammenden *C. flabellatum* gegeben hat. HAECKEL erwähnt noch 2 andere, offenbar sehr nahestehende Formen: *C. digitatum* aus dem Indischen Ocean, bei welchem die Terminalbildungen nur aus je 5 fingerförmigen Aesten bestehen, und *C. serratum* aus dem centralen Pacifik, welches sich von *C. flabellatum* durch die starke Zusammenpressung der breiten, sägeartigen Endzweige unterscheidet. Bei meinen Exemplaren zeigen die Endäste hinsichtlich ihrer Zahl, sowie der Ausbildung der Endknöpfe und der Bedornung (letztere kann auch ganz fehlen) eine Reihe von kleineren Unterschieden, im ganzen weist aber *C. flabellatum* einen sehr konstanten Arttypus auf.

Fundorte: Ch.-St. 235—240 (nördlicher Pacifik, HAECKEL);

T.-St. 32 (canarische Strömung, V.), 43, 44, 54, 55 (Guineastrom, V.), 49, 50 (Südäquatorialstrom, V.), 64, 65, 66 (Golf von Guinea, V.), 214, 215, 217, 218, 223, 235, 236, 239, 268 (nördlicher Indik, V.).

Verbreitung: Trioceanische Bewohnerin warmer Meeresteile. Vertikalverbreitung unbekannt.

3. Gattung. *Coelodiceras* n. gen.

(κοῖλος, δι-, κέρας, mit zwei hohlen Hörnern.)

Galea sehr groß im Verhältnis zur Schalenklappe, amboßförmig, mit weiter Rhinocanna und mit einem oder mehreren Frenulis. Nasalröhre als Griffel ausgebildet, die 2 Hauptseitendendriten stark verzweigt und stark ausladend; ein schwach ausgebildeter Aboraldendrit. Keine Gitterschale.

Coelodiceras macropylum n. sp.

Taf. LXXI, Fig. 526; Textfig. 44.

Coelodiceras macropylum V. Haecker, 1907, S. 162, Fig. 10.

Gestalt zusammengedrückt, wahrscheinlich beilförmig.

Galea amboßförmig (im ganzen von der Form einer auf einer Seite liegenden tetragonalen Doppelpyramide), mit gewölbter, wenig überhängender Stirnfläche, mit dreiseitiger Apikal- und dreiseitiger Aboralfläche, an Volumen die sehr kleine Schalenklappe bei weitem übertreffend. Rhinocanna weit und sehr kurz, mit der Stirnfläche durch mehrere (2 oder 3?) breite, gefensterte Kieselbrücken verbunden.

Nasalröhre als Griffel entwickelt, im basalen Viertel mit 2 größeren, dendritisch verzweigten Aesten, in der distalen Hälfte mit 10—12, größtenteils paarweise angeordneten, ankertragenden Seitenbäumchen und mit dichotomisch verzweigter Terminalbildung. Die Ankerfädchen (bei meinem Exemplar nur ganz vereinzelt erhalten) besitzen einen aus 2 sichelförmigen, bedornten Haken bestehenden Terminalanker und anscheinend keine Subterminalzähne (Textfig. 44). Am distalen Ende ist der Griffel 4mal gegabelt: die Verzweigungen tragen von der zweiten Gabelstelle an vereinzelte zurückgekrümmte Dornen, die Endäste sind fingerförmig, mit wenigen kurzen Dornen bedeckt und tragen am Ende einen bedornten Endknopf.

Die beiden Hauptseitendendriten sind wesentlich kürzer als der Nasalgriffel und 8mal gegabelt. Die letzten Verzweigungen sind mit einzelnen zurückgekrümmten Dornen versehen, die Endäste sind kürzer als die des Nasalgriffels. Hinter der Galea erhebt sich von der Schalenklappe ein schwach entwickelter, wenig verzweigter Aboraldendrit, daneben bei meinem Exemplar ein weiterer rudimentärer, stabförmiger Präaboraldendrit (Fig. 526 *ab* und *pab*).

Länge der Nasalgriffel: 3 mm.

Die vorliegende Art, von welcher mir nur ein Exemplar zur Verfügung steht, unterscheidet sich von der folgenden, häufigeren vor allem durch den Bau der Rhinocanna, sowie durch die längeren Nasalgriffel, durch die etwas verschiedene Bedornung der Terminalbildungen und wahrscheinlich durch den einfacheren Bau der Ankerfädchen.

Fundort: T.-St. 218 (nördlicher Indik, V.).

Coelodiceras spinosum n. sp.

Taf. LXIII, Fig. 491; Taf. LXIV, Fig. 493; Taf. LXVI, Fig. 497.

Coelodiceras spinosum V. HAECKER, 1907, S. 162, Fig. 4.

Gestalt seitlich zusammengedrückt, im ganzen beil- oder schmetterlingförmig.

Galea amboßförmig, mit gewölbter Stirnfläche, dreiseitiger Apikal- und dreiseitiger, steil abfallender Aboralfläche, an Umfang die sehr kleine Schalenklappe bedeutend übertreffend (Fig. 493). Rhinocanna schnauzenartig, länger und niedriger als bei voriger Art, beinahe bis an den oralen Schalenrand reichend, mit umgekremptem Oeffnungsrande und mit einem Frenulum.

Nasalröhre stumpfwinklig abgebogen, kürzer und gedrungener, aber im übrigen ähnlich gebaut wie bei voriger Art, nur besitzen die Ankerfädchen eine subterminale Gruppe von kurzen Zähnchen, welche in derselben Ebene wie die Ankerhäkchen in zwei Reihen angeordnet sind (Fig. 497). Auch sind die Dornen der Terminalverzweigungen stärker entwickelt (Fig. 491). Das Gleiche gilt für die Bedornung der Endäste der sämtlichen Dendriten.

Länge der Nasalgriffel: 2—2,2 mm.

Fundorte: T.-St. 85, 86 (im Stromstrich des Benguelastromes, V.), 112 (Agulhasbank, V.), 174 (indischer Südäquatorialstrom, V., mehrere Exemplare).

Verbreitung: In den südlichen Teilen des Atlantik und Indik verbreitete Kühlwasserform (?).

2. Unterfamilie. Coelotholinae.

Coelotholida HAECKEL, 1887.

Cölodendriden ohne Nasalröhren, mit Hauptseiten- und Aboralröhren, mit meist gut entwickelter Rhinocanna und 2 Frenulis. Keine äußere Gitterschale.

4. Gattung. *Coelechinus* n. gen.

Coelechinus HAECKER, 1904.

Galea amboßförmig mit breiter Stirnkante, mit typischer Rhinocanna und 2 Frenulis. Jederseits drei Radialröhren (2 Hauptseitenröhren und eine Aboralröhre). Dieselben sind stets als Dendriten ausgebildet. Keine äußere Gitterschale.

Coelechinus wapiticornis n. sp.

Taf. LXIV, Fig. 492; Taf. LXX, Fig. 518—521.

Coelechinus wapiticornis V. HAECKER, 1904, S. 123, Fig. 1; 1907, S. 162, Fig. 8.

Gestalt sphärisch.

Galea amboßförmig, mit ziemlich steiler, dreiseitiger Oral- oder Stirnfläche, deren obere (horizontale) Kante (Stirnkante) an ihren Ecken die Hauptseitenröhren trägt (Fig. 518), sowie mit

ebenfalls steil abfallender, dreiseitiger Aboralfläche (Fig. 521). Die Aboralfläche berührt mit ihrer aboralen Ecke die Schalenklappe nicht direkt, sondern sitzt einem (mitunter gefensterten) Pfeiler auf, so daß die Galea gegen den aboralen Pol zu durch einen Spaltraum von der Schalenklappe getrennt ist (Fig. 520). Die Rhinocanna reicht bis nahe an den oralen Rand der betreffenden Schalenklappe, besitzt einen umgeschlagenen Rand und ist mit den Seitenteilen der Stirnfläche der Galea durch zwei Frenula verbunden (Fig. 518 u. 519).

Die 3 Dendriten (2 Hauptseitenröhren und eine Aboralröhre) sind ziemlich gleich stark entwickelt und 5—7mal gegabelt. Die Gablung ist im allgemeinen dichotomisch, doch gehen von der ersten Gablungsstelle in der Regel drei Hauptäste ab (Fig. 519, 521). Die weiteren Nebenäste der Dendriten sind so angeordnet, daß jeweils die einander entsprechenden Dendriten der beiden Schalenklappen ein laubenartiges Gewölbe bilden, durch welches ein hemisphärischer, skelettfreier Lobus des Weichkörpers überdacht wird (Fig. 492). Die Endäste bilden eine ziemlich schmale Gabel, sie sind zugespitzt und mit feinen Dornen besetzt.

Durchmesser: 2,2—2,8 mm.

Fundorte: T.-St. 135, 136, 139, 149 (Antarktis, V.; überall zahlreich). Auch vom „Gauß“ in der Antarktis gefischt.

Verbreitung: Antarktische Kaltwasserform, welche im südlichen Eismeer für das hier fast vollständig fehlende *Coelodendrum furcatissimum* vikarierend eintritt. Da die Form in keinem der zahlreichen antarktischen Schließnetzfänge erbeutet wurde, so läßt sich über ihre Vertikalverbreitung nichts angeben.

5. Gattung. *Coelotetraceras* n. gen.

(κοῖλος, τετρα-, κέρας, mit vier hohlen Hörnern.)

Galea amboßförmig, an der Oralseite mit sehr hoher und weiter, von einem wulstigen Rande umgebener Nasenöffnung, keine eigentliche Rhinocanna und keine Frenula. Jederseits drei Radialröhren: die Hauptseitenröhren sind als Griffel (im ganzen also vier Griffel), die Aboralröhre als Dendrit entwickelt.

Coelotetraceras xanthacanthum n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 499.

Coelotetraceras xanthacanthum V. Haecker, 1907, S. 163, Fig. 12.

Gestalt wahrscheinlich beil- oder schmetterlingsförmig.

Galea amboßförmig, mit steiler, vierseitiger Oralfläche, deren obere Kante an ihren Ecken die Hauptseitengriffel trägt, sowie mit dreiseitiger, schräg abfallender Aboralfläche. Nasenöffnung hoch und weit, mit wulstigem Rande, von welchem mitunter gegen die Basen der Hauptseitengriffel jederseits eine oder zwei dünne Spangen hinziehen.

Die beiden Hauptseitenröhren sind nahezu gestreckt und tragen zwei größere, dendritisch verzweigte, in Ankerfädchen auslaufende und 8—20 kleinere, als ankertragende Seitenbäumchen entwickelte Aeste. Die Spitzen sind stets gelb und laufen wahrscheinlich in ankertragende

Endbüschel aus. Der Aboralröhre ist als ein Dendrit entwickelt, der sich unmittelbar über seiner Basis in zwei breit ausladende, quer zur Hauptachse gestellte Sekundäräste teilt (Fig. 499 *ab*). Die letzten Verzweigungen werden ebenfalls durch Ankerfädchen gebildet. Bei einem Exemplar war ein tertiärer Ast des Aboraldendriten als asymmetrischer, schwach entwickelter Griffel ausgebildet.

Länge der Hauptseitenröhren 0,8—2,4 mm.

Varianten. Es fanden sich zum Teil nebeneinander (T.-St. 218) zwei Größenvarianten vor, eine größere (*α*), deren Griffel 1,7—2,4 mm lang sind und etwa 20 Aeste und Seitenbäumchen tragen, und eine kleinere (β) mit 0,8—1,1 mm langen Griffeln und etwa 10 Aesten und Seitenbäumchen.

Fundorte: T.-St. 54 (Guineastrom, V., var. α), 112 (Agulhasbank, V., var. β), 218 (nördlicher Indik, V., var. α und β, mehrere Exemplare), 239, 268 (nördlicher Indik, var. α).

Verbreitung. Anscheinend in wärmeren Meeresteilen verbreitete Form, welche, wie aus der verschiedenen Größe zu schließen ist, wahrscheinlich in verschiedenen Tiefenregionen zu Hause ist.

6.—8. Gattung. *Coelotholus* HAECKEL, *Coelothauma* HAECKEL und *Coelothamnus* HAECKEL.

Diese drei Gattungen, welche sich ungezwungen an *Coelechinus* und weniger eng an *Coelotetraceras* anschließen, sind im „Valdivia"-Material durch keine Arten vertreten. Bei der Gattung *Coelotholus* (mit 2 pacifischen und einer indischen Art) stimmen Galea und Rhinocanna in ihrem Bau nahezu vollkommen mit den entsprechenden Bildungen von *Coelechinus* überein (vergl. Rep., Taf. CXXII, Fig. 2, mit Taf. LXX, Fig. 519), dagegen haben sich die Hauptseitengriffel je in einen oralen und aboralen, als Griffel ausgebildeten Ast gespalten, so daß im ganzen acht Griffel vorhanden sind.

Bei der Gattung *Coelothauma* (mit einer südwestpacifischen Art) erinnern ebenfalls Galea und Rhinocanna sehr an *Coelechinus* (vergl. Rep., Taf. CXXII, Fig. 4 und 5). Von *Coelotholus* ist *Coelothauma* dadurch unterschieden, daß der aborale Ast der Hauptseitenröhre seinerseits in zwei außerordentlich verlängerte Griffel gespalten ist, so daß im ganzen zwölf Griffel vorhanden sind.

Bei der Gattung *Coelothamnus* endlich (1 nordatlantische, 1 mediterrane und 2 pacifische Arten), bei welcher Galea und Rhinocanna ähnliche Verhältnisse wie bei den beiden anderen Gattungen aufweisen, ist auch der orale Ast der Hauptseitenröhren in zwei Griffel gespalten, so daß im ganzen sechzehn Griffel vorhanden sind. Hierher gehört der früher (S. 356) erwähnte *C. Parasitica* BÜRSCHLI.

3. Unterfamilie. Coelodryminae.

Cölodendriden mit Nasal- und Hauptseitendendriten und mit verschieden stark entwickelter Rhinocanna. Aeußere Gitterschale vorhanden.

9. Gattung. *Coelodrymus* HAECKEL.

Galea nach HAECKEL mit der der Cölodorinen übereinstimmend, ohne Rhinocanna (die Galea von *Coelodrymus ancoratus* würde nach der HAECKEL'schen Abbildung, Rep., Taf. CXXI, Fig. 9 ungefähr derjenigen von *Coelodendrum ramosissimum* und *furcatissimum*, Taf. LXVIII, Fig. 508—510; Taf. LXIX, Fig. 511, entsprechen), bei einer mir vorliegenden Form, *C. lanceolatus* (Taf. LXX, Fig. 522), erinnert sie, abgesehen von der nur schwach entwickelten Rhinocanna, mehr an die Galea der Cöloplegminen. Hauptseitenröhren und Nasalröhren als Dendriten entwickelt. Keine Griffel.

HAECKEL beschreibt drei pacifische Formen, von welchen der südostpacifische *C. ancoratus* der Abbildung zufolge (Rep., Taf. CXXI, Fig. 9) eine sphärische Gestalt, schuppenförmige Galeae und jederseits 2 Hauptseitendendriten und 2 Nasaldendriten besitzt. Von letzteren ist der orale ungefähr gleich stark wie die Hauptseitendendriten entwickelt, der aborale (Postnasaldendrit) ist ähnlich wie bei *Coelodendrum* erst fern von der Basis gegabelt. Im ganzen dürfte *Coelodrymus ancoratus*, abgesehen von dem Besitz der äußeren Gitterschale und der Ankerfädchen, eine sehr weitgehende Uebereinstimmung mit den sphärischen *Coelodendrum*-Arten zeigen.

Hierher gehört vielleicht auch:

Coelodrymus lanceolatus n. sp.

Taf. LXX, Fig. 522.

Coelodrymus lanceolatus V. HAECKER, 1907, S. 163, Fig. 7.

Gestalt sphärisch.

Galea im ganzen pyramidenförmig, mit den seitlichen, die Hauptseitendendriten tragenden Ecken die Schalenklappen überragend, von der Oralseite aus gesehen lanzettförmig. Die Spitze der Pyramide wird von dem Nasaldendrit, die im ganzen dreieckige Oral- oder Stirnfläche großenteils von einem dreieckigen, gefensterten Vorbau eingenommen, welcher der Rhinocanna anderer Formen entspricht und an seiner Basis die kraterförmige Nasenöffnung trägt. Die Spitze dieses Vorbaues zieht sich in Form eines gefensterten, allmählich sich verschmälernden Wulstes gegen die Spitze der Galea hin. Die Aboralfläche der Galea ist pentagonal und trägt an ihrer Basis den Aboralstachel.

Nasalröhre, Hauptseitenröhren, sowie die schwächer entwickelte Aboralröhre sind sämtlich als Dendriten entwickelt. Ueber die Verzweigungsweise und die gegenseitigen Größenverhältnisse von Nasalröhre und Hauptseitenröhren vermag ich, da dieselben bei meinem Exemplar vielfach zertrümmert sind, keine genauen Angaben zu machen.

Die dem feinbedornten Maschenwerk der äußeren Gitterschale aufsitzenden Ankerfädchen haben einen welligen Verlauf, verbreitern sich nach dem Ende zu und tragen 2 etwas zurückgekrümmte, am konkaven proximalen Rande bedornte Haken. Sie gleichen also denen von *Coelodrymus ancoratus* HAECKEL.

Durchmesser: 4 mm.

Fundort: T.-St. 54 (Guineastrom, V.).

10. Gattung. *Coelodasea* HAECKEL.

Von dieser durch die mehrschichtige, spongiöse Beschaffenheit der äußeren Gitterschale gekennzeichneten Gattung liegen im „Valdivia"-Material keine Arten vor. HAECKEL erwähnt eine mediterrane und eine tropisch-atlantische Form.

4. Unterfamilie. Coelothyrsinae.

Cölodendriden ohne Nasalgriffel, mit Hauptseitenröhren und kürzeren Apikal- und Aboralröhren. Mit gut entwickelter Rhinocanna und mit 2 Frenulis. Aeußere Gitterschale vorhanden.

11. Gattung. *Coelothyrsus* n. gen.

(θύρσος, der mit Epheu und Weinreben umwundene Stab der Bacchantinnen.)

Mit den Merkmalen der Unterfamilie. Nur eine, in warmen und kühleren Meeresteilen weitverbreitete Art.

Coelothyrsus cypripedium n. sp.

Taf. LXV, Fig. 494, 495; Taf. LXXI, Fig. 524.

Coelothyrsus cypripedium V. HAECKER, 1907, S. 164.

Gestalt sphärisch bis ellipsoidisch.

Galea (Fig. 524) amboßförmig, stark nach der Oralseite überhängend, in Seitenansicht sehr an die Blüten mancher Labiaten oder Orchideen *(Cypripedium)* erinnernd, mit eingebuchteter Stirnkante und im ganzen dreieckiger, gleichmäßig gewölbter Apikal- und Aboralfläche (Fig. 495). Rhinocanna rohrförmig, mit aufgekremptem Oeffnungsrande und mit 2 Frenulis.

Die 2 Hauptseitenröhren entspringen von den Stirnecken der Galea und sind als außerordentlich lange Griffel entwickelt (Fig. 494). Sie geben innerhalb der äußeren Gitterschale 10 bis 15 Seitendendriten ab und tragen außerhalb derselben zahlreiche, in drei Längsreihen angeordnete, ankertragende Seitenbäumchen. Die Spitzen der Griffel waren bei sämtlichen Exemplaren abgebrochen. Die schwach entwickelte Apikalröhre ist einmal gegabelt und erreicht mit ihren fadenförmigen Aesten nicht die äußere Gitterschale (Fig. 524 *ap*). Die beiden Aboralröhren (Fig. 495) sind als Dendriten ausgebildet, der vordere ist schwächer entwickelt und giebt seine Aeste unter spitzigen Winkeln ab, der hintere lädt viel breiter aus und zeigt zuweilen noch einige rudimentäre Anhänge. Mitunter (Fig. 494) ist nur ein Aboraldendrit entwickelt.

Die äußere Gitterschale trägt paarweise angeordnete Ankerfädchen, welche einen welligen Verlauf haben, in ihrer ganzen Länge mit feinen Dornen und am Ende mit 2 schwach gekrümmten, am proximalen, konkaven Rande bedornten Ankerhäkchen besetzt sind.

Durchmesser eines vollständig erhaltenen sphärischen Exemplares (Fig. 495) 3, längster und kürzester Durchmesser eines ellipsoidischen Exemplares (Fig. 494) 3,5 und 3 mm. Länge der Hauptseitengriffel über 7 mm.

Fundorte: T.-St. 14 (Golfstrom, 43° N., V., mehrere Exemplare), 32 (canarische Strömung, V., 2 Exemplare), 88, 91 (Benguelastrom, V., jeweils mehrere Exemplare), 102, 112 (südlich Kapland, innerhalb 40° S., mehrere Exemplare), 174, 175 (indischer Südäquatorialstrom, V.), 215, 218 (nördlicher Indik, V.).

Verbreitung. In wärmeren und kühleren Meeresteilen, vielleicht in letzteren stärker verbreitete Form. Geht im Norden ein wenig, im Süden anscheinend nicht über den 40. Breitengrad hinaus, fehlt in der Antarktis. Vertikalverbreitung unbekannt. Vielleicht gehört hierher eine von Lobianco (1903, p. 226) im Mittelmeer erbeutete Form mit „aculei enormamente allungati".

5. Unterfamilie. Coeloplegminae.

Coeloplegmida Haeckel, 1887.

Cölodendriden mit Nasalröhren, welche wie die Hauptseitenröhren stets als Griffel ausgebildet sind, mit amboßförmiger Galea und meist gut entwickelter Rhinocanna, mit einem Frenulum und mit äußerer Gitterschale.

Die 6 von Haeckel hierher gerechneten Gattungen stimmen in allen wesentlichen Punkten, insbesondere was den Bau der Galea anbelangt, überein und unterscheiden sich nur durch die Zahl der zu Griffeln umgebildeten Radialröhren. Sie lassen sich auf diese Weise in einer ziemlich kontinuierlichen Reihe anordnen, deren Schlußstein durch eine neue, in der „Valdivia"-Ausbeute gefundene Gattung *(Coelanthemum)* gebildet wird.

Die Galea (Taf. LXXI, Fig. 525) ist bei sämtlichen Formen amboßförmig, mit stark verzogenem Oralteil und gut entwickelter Rhinocanna. Die von den Nasalröhren, den Hauptseitenröhren und der Apikalröhre umstellte Apikalfläche ist meist viereckig-lanzettförmig, aus zwei mit den Basen aneinander stoßenden, gleichschenkligen Dreiecken bestehend, von welchen das orale sehr gestreckt, das aborale niedrig und mit abgestumpfter Spitze versehen ist (Textfig. 41, 42). In der Regel ist die Apikalfläche ziemlich gleichmäßig gewölbt, jedoch kann sie auch an der Grenze zwischen beiden Dreiecken etwas abgeknickt sein (Fig. 515). Seltener (vergl. Haeckel, Rep., Taf. CXXVI, Fig. 1 a) fällt die Apikalröhre ganz oder nahezu in die Verbindungslinie der beiden Hauptseitenröhren, so daß die Apikalfläche im Ganzen dreieckig erscheint. Die Aboralfläche fällt steil gegen die aboralen Partien der Schalenklappe ab. Zwischen der Galea und dem bezahnten Hinterrand der Schalenklappe ist der letzteren stets eine Aboralröhre eingepflanzt. Die Rhinocanna ist röhrenförmig, sie reicht bis an den oralen Rand der Schalenklappe, besitzt eine umgekrempte Nasenöffnung und ist durch ein vielfach sehr stark entwickeltes Frenulum mit der Stirnfläche der Galea verbunden (Fig. 525).

Nur in einem einzigen Falle, bei *Coelodecas pumilio*, fand ich abweichende Verhältnisse, insofern hier die Rhinocanna sehr kurz und weit ist, ähnlich derjenigen von *Coelodiceras* und *Coelotetraceras* (Taf. LXXI, Fig. 528).

In Bezug auf die Anordnung und Ausbildung der Radialröhren weist die Gattung *Coelographis* die einfachsten Verhältnisse auf (Textfig. 42). Hier findet sich ein mäßig entwickelter Nasalgriffel *(n)*, unmittelbar dahinter ein kurzer Postnasaldendrit *(pn)*, ferner an der hinteren Ecke der Apikalfläche ein Apikaldendrit *(ap)* und auf der Schalenklappe zwischen der Galea und den Randzähnen ein Aboraldendrit *(ab)*. Von paarigen Radialröhren sind nur

die in den Seitenecken der Apikalfläche eingepflanzten Hauptseitenröhren *(hs)* vorhanden. Im ganzen sind also nur sechs Griffel zur Ausbildung gelangt.

An *Coelographis* schließt sich einerseits *Coelodecas*, andererseits *Coelospathis* an. Bei ersterer Gattung erscheinen die Hauptseitenröhren in 2 Griffel gespalten, insofern je die ersten, auf der Oralseite der Hauptseitenröhren gelegenen Seitenäste als Griffelröhren ausgebildet sind (vergl. Textfig. 41 *hs'*). Demnach sind bei *Coelodecas* im ganzen zehn Griffel zu zählen. Speciell bei *Coelographis antarctica* lassen sich innerhalb der nämlichen Fänge alle Uebergänge vom *Coelographis-* zum *Coelodecas*-Typus verfolgen (Textfig. 42, 41). Bei der Gattung *Coelospathis* dagegen, welche in LANG's Protozoen als Typus Aufnahme gefunden hat, ist auch die Apikalröhre als Griffel entwickelt, so daß im ganzen acht Griffel vorhanden sind (Rep., Taf. CXXVIII, Fig. 1).

Eine Reihe von anderen Typen entsteht dadurch, daß auch der Nasaldendrit zu proliferieren beginnt. So kann einerseits an *Coelodecas* die Gattung *Coeloplegma* direkt angeschlossen werden, bei welcher außer der Nasalröhre und den ihrerseits in 2 Griffel gespaltenen Hauptseitenröhren auch die ersten Seitenäste der Nasalröhre zu Griffelröhren entwickelt sind, so daß man im ganzen vierzehn Griffel zählt (Taf. LXVI, Fig. 496). Andererseits schließt sich an *Coelospathis* die Gattung *Coelostylus* an, bei welcher von der Basis des Nasalgriffels ein Paar oralwärts gerichteter Griffel abgeht, die man mit Rücksicht auf die Verhältnisse bei *Coeloplegma* und anderen Formen wohl als abgespaltene Seitenäste des Nasalgriffels zu betrachten hat. Da bei *Coelostylus* außerdem jede Galea einen Apikalgriffel und 2 einfache Hauptseitenröhren trägt, so sind im ganzen zwölf Griffelröhren vorhanden (Rep., Taf. CXXVI, Fig. 3).

Als der am höchsten differenzierte Typus unter den Cöloplegminen und damit als eine der „vollkommensten" Formen unter den Phäodarien und Radiolarien überhaupt ist nach HAECKEL die Gattung *Coelagalma* anzusehen, bei welcher jederseits ein Nasalgriffel, 2 nahe der Nasalröhre hervorwachsende und vermutlich als abgespaltene Seitenäste der letzteren zu betrachtende Griffel, ferner ein unpaarer, hinter dem Nasalgriffel entspringender Griffel (Postnasalgriffel?) und endlich die nahe der Basis je in 2 Griffel gespaltenen Hauptseitenröhren vorhanden sind (Rep., Taf. CXXVI, Fig. 4). Im ganzen sind demnach sechzehn Griffel zu zählen.

Auf Grund der Befunde der Deutschen Tiefsee-Expedition hat die Gattung *Coelagalma* ihren Platz an der Spitze der Cöloplegminen an die neue Gattung *Coelanthemum* abzutreten (Taf. LXVIII, Fig. 507). Hier sind Postnasal-, Apikal- und Aboralröhre als einfache Dendriten ausgebildet, dagegen spaltet sich die Nasalröhre in 4, jede der Hauptseitenröhren in 5 Griffel, so daß im ganzen achtundzwanzig Griffel vorhanden sind.

Mit der zunehmenden Zahl der Griffel verändert sich in der Reihe der Cöloplegminen nach und nach die Gestalt des ganzen Tieres. Während bei *Coelographis, Coelodecas* und anderen einfacheren Formen das Tier zwei Symmetrieebenen (Spaltebene und Apikalebene) und also im wesentlichen, ähnlich den Ctenophoren, die Form einer amphitekten Pyramide mit rechteckigem Grundriß besitzt (vergl. HAECKEL, Rep., p. XXIV, und Mon., 1887, 2. Teil, S. 20), kehrt die Gestalt mit Zunahme der Griffelzahl allmählich in die den einfacheren Cölodendriden eigentümliche sphärische Grundform zurück, und insbesondere bei *Coelanthemum* besitzt das ganze Tier eine regelmäßige Sternform.

Mit der Zunahme der Griffelzahl ist eine Abnahme der Zahl der Verzweigungen verbunden, und dieser Umstand, sowie der eben besprochene Uebergang zur Kugel- oder Sternform be-

wirken eine weitgehende Konvergenz mit den Aulacanthiden, insbesondere mit den Gattungen *Auloceros* und *Aulospathis*. So wird schließlich von *Coelanthemum auloceroides*, welches die Höchstzahl von Griffeln, aber an jedem Griffel nur 3 Paare von Seitenästen aufweist, gewissermaßen auf phylogenetischen Umwegen ein Skeletttypus erreicht, zu welchem die Gattung *Auloceros* und *Aulospathis* auf einfacherem Wege gelangt sind (vergl. Taf. VIII, Fig. 87).

Die Halbschalen der äußeren Gitterschale besitzen bei den einfacheren Formen *(Coelographis, Coelodecas, Coeloplegma)* im ganzen die Form eines kiellosen Bootes mit flachem, von den Seitenwänden durch eine Längskante getrenntem Boden, mit spitzem Bug und abgestutztem Heck (Textfig. 47). Die Nasalröhre ist nach dem Bug, die Hauptseitenröhren nach den zwischen Seitenwand, Heckwand und Boden gelegenen Ecken gerichtet. Bei *Coeloplegma* ist auch das mittlere Griffelpaar (Taf. LXVI, Fig. 496 *hs'*) nach den Kanten, dagegen sind die sekundären Nasalgriffel *(n')* nach dem freien Rand der Halbschalen gerichtet. Im übrigen ist der Schalenrand bei allen 3 genannten Gattungen in sehr genau übereinstimmender Weise durch einige kräftige Seitendendriten gestützt, welche von den Nasal- und Seitengriffeln ausgehen.

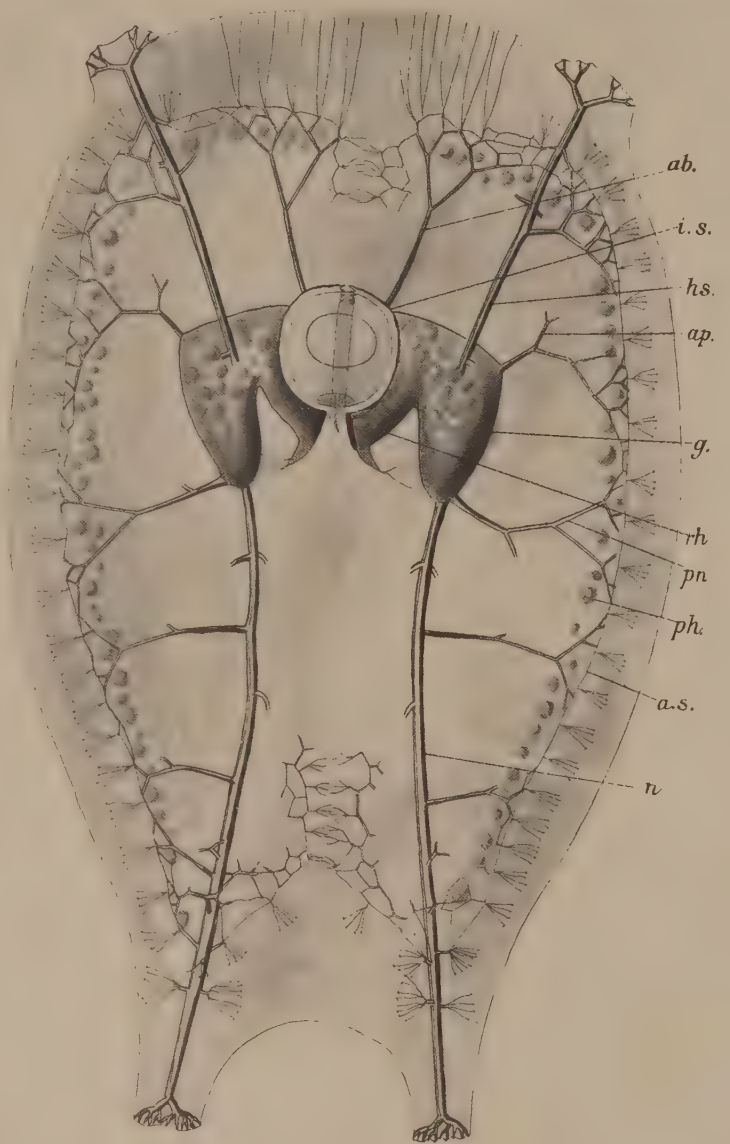


Fig. 47. *Coelographis antarctica* n. sp. Ansicht vom Schalenspalt aus. *ab* Aboraldendrit. *is* innere Schale. *hs* Hauptseitengriffel. *ap* Apikaldendrit. *g* Galea. *rh* Rhinocanna. *pn* Postnasaldendrit. *ph* Phäodellen. *as* äußere Gitterschale. *n* Nasalgriffel.

Während die beiden Halbschalen, soviel ich sehen konnte, in ihrem ganzen Aufbau stets eine weitgehende Symmetrie aufweisen, zeigen die Skelettteile in Bezug auf die zweite Symmetrieebene, die Apikalebene, keine Spiegelgleichheit, vielmehr besteht hier, namentlich was die Verteilung der kürzeren Seitenäste der Nasalröhren (z. B. von *Coelographis*) anbelangt, nur eine allgemeine, das statische Gleichgewicht bedingende Gleichförmigkeit.

Die Ränder jeder der äußeren Halbschalen sind, wie ich in Bestätigung der Angaben HAECKEL's (Rep., p. 1746, oben) hinzufügen kann, mit tangential gerichteten freien Bäumchen besetzt, welche zwischen diejenigen der anderen Halbschalen greifen (Textfig. 47). Ob die Endfäden dieser Randbäumchen Ankerchen tragen, habe ich nirgends mit Sicherheit entscheiden können, wenn es mir auch nach der sonstigen Uebereinstimmung dieser Bäumchen mit den die Außenfläche der Gitterschale besetzenden Bäumchen sehr wahrscheinlich ist.

Die Ankerfädchen der Cöloplegminen sind gestreckt und tragen 2 *(Coelographis)*, 3 *(Coeloplegma)* oder 4 *(Coelospathis)* zurückgebogene Ankerhäkchen. An den am meisten proximalen Bäumchen der freien (über die Gitterschale hervorragenden) Griffelabschnitte sind einige Fädchen zurückgebogen und bilden, indem sie mit der Gitterschale anastomosieren, die bereits früher beschriebenen, charakteristischen dom- oder glockenartigen Bildungen, welche dem Skelett der Cöloplegminen ein ganz besonders reizvolles Aeußeres geben und speciell bei den Gattungen *Coelographis*, *Coelodecas* und *Coeloplegma* in durchaus übereinstimmender Weise ausgebildet sind (Taf. LXVI, Fig. 496; Taf. LXIX, Fig. 514, 516).

12. Gattung. *Coelographis* HAECKEL.

Außer dem Nasalgriffel sind nur die beiden Hauptseitenröhren als Griffel entwickelt. Es sind also im ganzen sechs Griffel vorhanden. HAECKEL erwähnt 4 pacifische und eine mediterrane Form.

Coelographis acuta n. sp.

Taf. LXIX, Fig. 514.

Coelographis acuta V. HAECKER, 1907, S. 164.

Umriß der Gitterschale lanzettförmig, Höhe 1,5 mm.

Nasalgriffel stark verlängert, 2,15 mm lang, wovon 0,65 mm auf den in die Gitterschale eingeschlossenen Teil, 0,25 auf den verhältnismäßig hohen „Dom", 1,25 auf den äußeren Spieß fallen. Innerhalb der Gitterschale trägt der Nasalgriffel nur 4—5 Paar Seitenäste, außerhalb 3 Längsreihen von 4—5 Seitenbäumchen. Der Endabschnitt ist nackt, sehr derbwandig, spießartig verjüngt. Da die Spitzen bei meinen Exemplaren abgebrochen sind, so kann ich nicht entscheiden, ob Terminalbildungen vorhanden sind. Bei der sehr starken Verjüngung des Spießes ist dies unwahrscheinlich.

Außer der geringen Größe und der spießartigen Verlängerung des Nasalgriffels ist für unsere Art noch charakteristisch die lockere Beschaffenheit des vorzugsweise aus oblongen Maschen zusammengesetzten Gitterwerks.

Fundorte: T.-St. 32 (canarische Strömung, V.), 85 (Benguelastrom, V.).

Coelographis pusilla n. sp.

Taf. LXIX, Fig. 515.

Coelographis pusilla V. HAECKER, 1907, S. 165.

Umriß der Gitterschale oval. Höhe derselben 1 mm. Länge des die Gitterschale überragenden Teiles des Nasalgriffels 0,7 mm.

Nasalgriffel an der Basis abgebogen, infolgedessen stark divergierend (ähnlich wie bei *Coelodiceras*), innerhalb der Gitterschale mit 3 Paaren Seitenästen, außerhalb des flachen Domes mit 5 Paaren Seitenbäumchen. Endstück nackt, mit zwei dichotomisch gegabelten Aesten, deren fingerförmige Endglieder mit feinen Dornen bedeckt sind.

Maschen der Gitterschale im Gegensatz zu *C. acuta* polygonal.

Fundort: T.-St. 236 (nördlicher Indik, V.).

Wiederholt wurden auch sonst (z. B. in der Antarktis) unvollständige, zwerghafte, zur Gattung *Coelographis* gehörende Formen gefunden, deren Terminalbildungen abgebrochen waren, die aber ihrem ganzen Habitus nach hierher gehören dürften.

Coelographis regina HAECKEL.

Taf. LXVI, Fig. 498; Textfig. 48.

Coelographis regina HAECKEL, Rep., p. 1752, Taf. CXXVI, Fig. 1a—1d; V. HAECKER, 1907, S. 165.

Gestalt sehr wechselnd: in Flächenansicht nahezu gleichseitig-dreieckig mit schwach eingebuchteter Aboralseite, gestreckt-gleichschenklig-dreieckig mit tieferem aboralem Ausschnitt oder pfeilförmig mit gewölbten Langseiten und mit mehr oder weniger tiefem aboralem Ausschnitt (Textfig. 48). In den nämlichen Fängen fanden sich nebeneinander sämtliche Typen mit allen Uebergangsstufen, so daß ich an der artlichen Zusammengehörigkeit nicht zweifeln möchte.

Nasalgriffel 1½—2mal so lang, wie die Hauptseitengriffel, innerhalb der äußeren Gitterschale mit 12—30 Seitenästen, welche, namentlich gegen die Spitze zu, großenteils paarig angeordnet sind; am freien Ende mit 4—14 kurzen Endbäumchen. Terminalbildungen der Nasal- und Hauptseitengriffel dichotomisch verzweigt, mit 10—12, seltener 4—10 fingerförmigen, bedornten Endästen. Maschenwerk der äußeren Gitterschale nicht bedornt.

Längster Durchmesser der äußeren Schale (Schalenhöhe) 3—5,5 mm.

Varianten. Nicht bloß die Größe und der Umriß der Schale, sondern auch die Zahl der Seitenäste und die Länge der freien Griffelabschnitte sind bei dieser Form außerordentlichen Schwankungen unterworfen (Textfig. 48). Von den nebeneinander gefangenen Exemplaren stimmen nur wenige miteinander überein, und es ist unmöglich, irgendwo einen Einschnitt zu machen und besondere Unterarten oder Varietäten abzugrenzen. So möchte ich denn auch die Annahme machen, daß mindestens die Mehrzahl der übrigen von HAECKEL aufgestellten *Coelographis*-Arten in den Formenkreis der *Coelographis regina* einzubeziehen sind, insbesondere *C. sagittella*, welche hauptsächlich durch den tiefen Ausschnitt an der Schalenbasis gekennzeichnet ist; *C. hexastyla*, deren Terminalbildungen aus 4 kreuzweise gestellten Gabeln mit je zwei fingerförmigen Endästen bestehen; wahrscheinlich auch *C. triangulum* mit gleichseitig-dreieckigem Schalenumriß und schirmartigen Terminalkronen, welche aus 8 gleichen, einfach gegabelten Aesten bestehen. Ob auch *C. graciliima* aus dem Mittelmeer hierher gehört, mag zweifelhaft erscheinen, da nach HAECKEL das Maschenwerk der Gitterschale bedornt ist (vergl. hierzu BORGERT, 1903, S. 758).

Lokale Verschiedenheiten sind mir in meinem Material nicht aufgefallen. Höchstens kann man sagen, daß die gleichseitig-dreieckigen Typen mit flachem Basalausschnitt (Textfig. 48 a, b) hauptsächlich im tropischen Atlantik (T.-St. 49, 55) gefischt wurden, während die sehr langgestreckten Formen (c) mehr im tropischen Indik (T.-St. 182, 215, 232, 268) auftraten, ohne daß

jedoch eine scharfe geographische Abgrenzung nachzuweisen war. Im nördlichen Indik waren einzelne kleinere Exemplare durch sehr stark verlängerte Nasalgriffel und durch die geringe Zahl der Terminaläste ausgezeichnet. Da aber die Hauptseitengriffel die für die typischen *regina*-Exemplare charakteristische Beschaffenheit aufweisen, so dürfte es sich auch hierbei nicht um selbständige Formen, sondern nur um zufällige Varianten handeln.

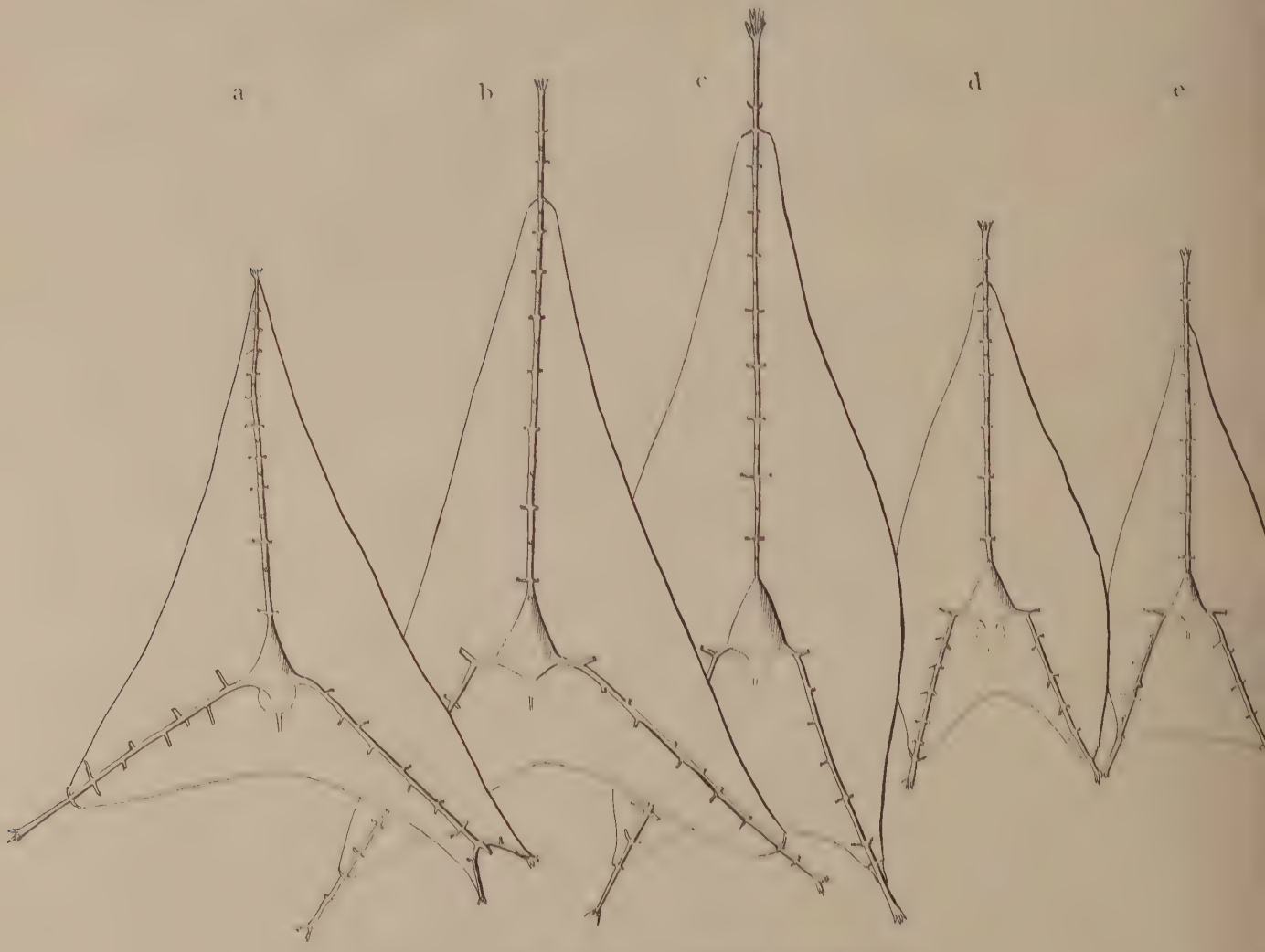


Fig. 48. Verschiedene Typen von *Coelographis regina* HAECKEL.

Als eine Deformität ist ein Fall von Doppelbildung zu betrachten, welcher den einen Hauptseitengriffel eines Individuums betraf (Fig. 498a). Endlich wurden vereinzelt Entwickelungsstadien (? Entwickelungshemmungen), und zwar Individuen mit weichhäutigen, färbbaren Skeletten, vorgefunden.

Fundorte: Ch.-St. 297 (südöstlicher Pacifik, *C. regina*), 271 (centraler Pacifik, *C. sagittella*), 259 (nördlicher Pacifik, *C. hexastyla*);

T.-St. 20, 32 (canarische Strömung, 36° 40′ N. und 24° 43′ N., V.), 39, 41, 44, 55 (Golfstrom, V.), 49 (Südäquatorialstrom, V.), 64 (Golf von Guinea, V.), 73, 74 (Benguelastrom, V.), 182 (indischer Gegenstrom, V.), 215, 217, 218, 221, 232, 236, 239, 268 (nördlicher Indik, V., zum Teil zahlreich).

Verbreitung. Offenbar trioceanische (eirkumtropische) Bewohnerin der warmen Meeresteile. Vertikalverbreitung unbekannt.

Coelographis palmata n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 506.

Coelographis palmata V. Haecker, 1907, S. 165, Fig. 15a und b.
? Coelographis gracillima Borgert, 1903, S. 758.

Von voriger Art unterschieden durch die glatte Beschaffenheit und mehr flächenhafte Anordnung der Terminaläste. Da sich das einzige vorliegende Exemplar in einem Meeresgebiet (T.-St. 86, Außenrand des Benguelastroms) vorfand, wo die typische *Coelographis regina* nicht angetroffen wurde, so handelt es sich möglicherweise um eine gesonderte Art oder um eine geographische Unterart *(C. regina laevis)*. Vermutlich ist übrigens *C. palmata* identisch mit der von Borgert unter der Haecker'schen Bezeichnung *Coelographis gracillima* beschriebenen, aus dem Südäquatorialstrom stammenden Form, „bei welcher die 7—12 kurzbedornten Endäste der Griffel nicht überall aus einer dichotomischen Verzweigung hervorgehen, sondern in einzelnen Fällen nebeneinander stehen, wie die Finger einer Hand".

Coelographis (?) coronata n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 504.

Coelographis coronata V. Haecker, 1907, S. 165, Fig. 16.

Ein in T.-St. 44 (Guineastrom, V.) vorgefundenes Bruchstück einer Cöloplegmide wies einen Griffel auf, welcher in außerordentlich regelmäßiger, flach-kronenförmiger Anordnung 4 je zweimal gegabelte Aeste, also im ganzen 16 Endäste trug. Letztere sind entweder glatt und einfach zugespitzt, oder unterhalb der Spitze mit einem Kranz von 4 Dornen versehen (in letzterem Fall an die Endverzweigungen von *Aulokleptes flosculus tridentatus*, Taf. IV, Fig. 38, erinnernd). Ob die Form zur Gattung *Coelographis* oder etwa zu *Coelodecas* gehört, ließ sich nicht entscheiden.

Coelographis antarctica n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 500; Taf. LXXI, Fig. 525; Textfig. 41, 42, 47.

Coelographis antarctica V. Haecker, 1907, S. 165, Fig. 1, 9, 17.

Von *Coelographis regina* hauptsächlich unterschieden durch den breit-lanzettförmigen oder nahezu pentagonalen (*Coelodecas*-ähnlichen) Schalenumriß, durch die meist ausgesprochen kronenartige Ausbreitung und in der Regel glatte Beschaffenheit der gewöhnlich sehr kurzen Terminaläste des Nasalgriffels, und durch die Neigung der ersten Seitenäste der Hauptseitengriffel zur Griffelbildung (Uebergang zum *Coelodecas*-Typus).

Im einzelnen ist folgendes zu bemerken: Der Nasalgriffel besitzt, wie ich mit großer Regelmäßigkeit bei meinen Exemplaren finde, fünf Paar parallel zur Spaltebene gelegener und

gegen den Rand der Halbschalen gerichteter Seitenäste (Textfig. 41, 42). Zwischen den einzelnen Paaren erhebt sich meist je ein unpaarer, in der Apikalebene liegender und in der Mitte der Halbschale sich ausbreitender Seitenast. Der Nasalgriffel überragt in der Regel nur wenig die äußere Gitterschale und trägt, abgesehen von der Terminalkrone, meist nur 1 oder 2, seltener bis zu 4 Seitenbäumchen. Die Terminalkrone besteht in der Regel aus drei oder vier zweimal dichotomisch sich gabelnden und flach ausgebreiteten Aesten, deren Endsprosse meist sehr kurz und glatt sind und eine regelmäßige Krone bilden (Fig. 500). Nur vereinzelt traf ich eine sehr feine Bedornung der Endsprosse an.

Die Hauptseitengriffel tragen 8—12, zum Teil paarweise angeordnete Seitenäste, von welchen der erste, gegen die Oralseite gerichtete mitunter als Griffel entwickelt sein kann (Uebergang zum *Coelodecas*-Typus, Textfig. 41). Außerhalb der Gitterschale tragen die Hauptseitengriffel in der Regel nur 2 Seitenbäumchen und eine Terminalbildung, welche meist aus 2 zweimal gegabelten Aesten besteht.

Höhe der Gitterschale 2—2,3, größte Breite 1,6—1,9 mm.

Fundorte: T.-St. 135, 136, 139, 142, 149 (Antarktis, V.).

Verbreitung. Antarktische Kaltwasserform, welche in der Antarktis vikariierend für die ihr nahestehende *C. regina* eintritt und mit ihr möglicherweise durch *C. palmata* verbunden ist.

13. Gattung. *Coelodecas* HAECKEL.

Außer der Nasalröhre und den Hauptseitenröhren sind auch die ersten Seitenäste der letzteren als Griffel entwickelt. Es sind also im ganzen zehn Griffel vorhanden. HAECKEL führt eine pacifische und 2 atlantische Formen an, von welchen zwei in der „Valdivia"-Ausbeute wiedergefunden wurden. Von den im ganzen 5 Formen, welche von der Tiefsee-Expedition erbeutet wurden, steht eine mit Rücksicht auf die weite und kurze thorbogenartige Rhinocanna isoliert, die übrigen bilden einen engeren Formenkreis, welcher sich bei späteren Untersuchungen vermutlich als eine einzige Großart erweisen wird.

a) Rhinocanna weit und kurz, thorbogenartig.

Coelodecas pumilio n. sp.

(*pumilio*, Zwerg.)

Taf. LXXI, Fig. 528.

Coelodecas pumilio V. HAECKER, 1907, S. 166, Fig. 11.

Umriß breit-eiförmig.

Griffel stark verlängert, mit 2 stark divergierenden Terminalästen, welche sich nahe ihrem Ende zweimal dichotomisch gabeln. Endverzweigungen fein bedornt, letzte Endsprosse kurz, knospenförmig.

Höhe der Gitterschale 1,3 mm.

Fundort: T.-St. 268 (nördlicher Indik, V.).

b) Rhinocanna niedrig und lang, halbröhrenförmig.

Coelodecas furcata n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 502.

Coelodecas furcata V. HAECKER, S. 166, Fig. 18.

Gitterschale gleichschenklig-dreieckig, mit schwachem dreieckigen Ausschnitt an der Aboralseite.

Die Terminalbildungen der Hauptseitenröhren mit 4 oder 5 fingerförmigen, glatten Endästen, welche eine Krone, ähnlich derjenigen der Radialstacheln von *Coelographis pandora*, bilden und an ihrem Ende einen Kranz von 4 kurzen, nach außen gerichteten Dornen tragen (Die Endbildungen der Nasalgriffel waren an meinem Exemplar abgebrochen.)

Höhe der Gitterschale 3,2 mm.

Fundort: T.-St. 86 (Bengualastrom, V.).

Coelodecas decastyla HAECKEL.

Taf. LXVII, Fig. 505.

Coelodecas decastyla HAECKEL, Rep., p. 1755.

Aeußere Gitterschale mit gleichschenklig-dreieckigem Umriß, mit etwas ausgebogenen Seitenkanten und flachem Ausschnitt an der Aboralseite, im ganzen mit den gewöhnlichen Schalenformen von *Coelographis regina* übereinstimmend.

Nasalgriffel mit 12—18 Seitenästen, von welchen die nach den Kanten der Halbschalen abgehenden meist genau gegenständig sind, und mit 5—8 freien Seitenbäumchen. Terminalbildung meist aus zwei dreimal gegabelten Aesten bestehend, deren Endsprosse fingerförmig, fein bedornt und mit einer kleinen Zackenkrone versehen sind. Letztere besteht aus 3 oder 4 nach außen gerichteten Dornen. Verzweigung der Seitengriffel weniger reichlich, ihre Endbildung meist schwächer entwickelt.

Schalenhöhe 2,5—2,8, größte Breite 2 mm (nach HAECKEL 3,6 bezw. 2,7 mm).

Die vorliegende Form stimmt, abgesehen von der geringeren Größe, recht gut mit *C. decastyla* HAECKEL überein, nur daß der Schalenumriß für letztere Art als pentagonal angegeben wird. Indessen ist auf diesen Unterschied kein großer Wert zu legen, da auch bei anderen Formen der Schalenumriß großen individuellen Schwankungen unterworfen ist (vergl. besonders *Coeloplegma murrayanum*).

Bezüglich der Zahl, Länge und Bedornung der Terminalsprosse sind mir sehr beträchtliche individuelle Verschiedenheiten zu Gesicht gekommen. Die reichlichste Verzweigung fand ich bei einem Exemplar aus T.-St. 112, dessen Nasalgriffel etwa 36 Terminalsprosse aufwies.

Fundorte: Ch.-St. 272 (centraler Pacifik, HAECKEL);

T.-St. 32 (canarische Strömung, V.), 39 (Guineastrom, V.), 102 (Agulhasstrom, warm, V.), 174 (indischer Südäquatorialstrom, V.), 214, 217, 218, 236 (nördlicher Indik).

Verbreitung. Offenbar cirkumtropische Bewohnerin warmer Meeresteile.

Coelodecas pentagona HAECKEL.

Taf. LXIX, Fig. 513.

Coelodecas pentagona HAECKEL, p. 1756.

Nach HAECKEL von voriger unterschieden durch den regelmäßig pentagonalen Schalenumriß, in welchem Höhe und Breite ungefähr gleich sind, und durch die unregelmäßige Verzweigung der Terminalkronen, welche 12—16 schlanke, gekrümmte, mit einem bedornten Endknopf versehene Finger tragen. Höhe nach HAECKEL 2,6, Breite 2,4 mm.

Fundort: Ch.-St. 332 (südlicher Atlantik).

Mit dieser Form gehören wahrscheinlich zusammen verschiedene im Atlantik und Indik gefischte *Coelodecas*-Exemplare, welche ihrerseits als zusammengehörig gekennzeichnet sind durch die geringe Größe (Höhe 2 mm), den ovalen bis pentagonalen Schalenumriß, den sehr stark verlängerten Nasalgriffel und die besondere Form der Terminalkronen. Letztere bestehen aus zwei Aesten, welche sich in zwei weitausladende, unregelmäßig (nicht dichotomisch) verzweigte Sekundäräste gabeln, deren Endsprosse mit einem bedornten Knopf versehen sind.

Hierher gehört wahrscheinlich auch eine in T.-St. 218 gefischte monströse Form, deren eine Hauptseitenröhre nicht in zwei Griffel gespalten, sondern dendritisch verzweigt war. Die betreffende Galea trug 2 überzählige, verkümmerte Dendriten (Koincidenz von Abnormitäten!).

Fundorte: Ch.-St. 332 (südlicher Atlantik, HAECKEL);

T.-St. 20 (canarische Strömung, 36° 40′ N., V.), 65 (Golf von Guinea, V.), 85 (Benguelastrom, V.), 112 (Agulhasbank, V.), 215 (nördlicher Indik).

Coelodecas pymaea n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 501.

Coelodecas pygmaea V. HAECKER, 1907, S. 167, Fig. 19.

Schalenumriß breit-eiförmig, mit gerader Aboralkante.

Nasalgriffel mit 5 Paar Seitenästen, von welchen 3 nach den Seitenkanten der Schalenhälften gerichtet sind, 2 in der Apikalebene liegen. Derselbe ist nur wenig über die Gitterschale verlängert und trägt, ebenso wie die Seitengriffel, eine regelmäßig gebaute Terminalbildung, welche aus 2 zwei-, seltener dreimal gegabelten Terminalästen besteht. Die 8 oder mehr Endsprosse sind sehr lang und schlank, meist wellig gebogen, in ihrer ganzen Länge mit kräftigen zurückgekrümmten Haken und am Ende mit einer stempelförmigen Verbreiterung versehen, welche drei bis fünf kräftige, nach auswärts gerichtete Zähne trägt (Fig. 501, rechts). Bei einem Exemplar waren die Endsprosse gerade und trugen nur wenige Haken (Fig. 502, links).

Höhe der Gitterschale 1,3—1,5 mm.

Fundorte: T.-St. 32 (canarische Strömung, V.), 49 (Südäquatorialstrom, V.), 115 (Wurzel des Benguelastromes, 36° 23′ S., V.), 218 (nördlicher Indik, V.).

Coelodecas ambulacrum n. sp.

Taf. LXVII, Fig. 503.

Coelodecas ambulacrum V. HAECKER, 1907, S. 167, Fig. 20.

Diese in 2 nicht ganz vollständigen Exemplaren vorliegende Form ist gekennzeichnet durch die außerordentlich reichliche Verzweigung und die zierliche Form der Terminalkrone.

Diese besteht sowohl bei den Nasal- als bei den Seitengriffeln aus 2 Terminalästen, welche sich ihrerseits in der Regel 4mal dichotomisch gabeln. Die zweiunddreißig Endsprosse sind verhältnismäßig lang und schlank, mitunter etwas wellig gebogen, und tragen einige wenige kräftige, zurückgekrümmte Seitenhaken und eine flache Endspathille mit 5 bis 6 kurzen, rückwärts gekrümmten Zähnchen.

Schalenhöhe etwa 1,8 mm.

Fundorte: T.-St. 142, 149 (Antarktis, V.).

Verbreitung. *C. ambulacrum* scheint in der Antarktis an Stelle der nahe verwandten *C. pygmaea* zu treten, von welcher sie sich vorzugsweise durch die reichlichere Verzweigung und die derbere Beschaffenheit der Endbildung unterscheidet. Sie würde sich damit den schon äußerlich durch die derberen Skelettstrukturen gekennzeichneten Charakterformen der Antarktis anreihen.

14. Gattung. *Coeloplegma* Haeckel.

Außer der Nasalröhre und den Hauptseitenröhren sind in der Regel sowohl das erste Seitenastpaar der Nasalröhre, als der erste unpaare Seitenast der Hauptseitenröhren zu Griffeln entwickelt. Es sind also im ganzen vierzehn Griffel vorhanden.

Haeckel beschreibt 2 Formen, *C. murrayanum* und *tritonis*, welche sich im wesentlichen durch die Schalengestalt unterscheiden — die erste hat einen subcirkulären oder leicht pentagonalen Umriß und schwache „Dombildungen", die letztere einen heptagonalen Umriß und stark entwickelte Dombildungen —. Haeckel giebt jedoch selber an, daß beide Formen durch zahlreiche Uebergangsstufen verbunden sind und so nur die extremen Pole einer langen Reihe von „Darwinian metamorphic forms" bilden, und auch meinem Material zufolge sind beide Formen zweifellos in einer Art zu vereinigen.

Coeloplegma murrayanum Haeckel.

Taf. LXVI, Fig. 496.

Coeloplegma murrayanum + *C. tritonis* Haeckel, Rep., p. 1757—1758, Taf. CXXVII, Fig. 1 und Fig. 2—13; Borgert, 1901 a, S. 47, Fig. 54 und 55.

Coeloplegma murrayanum Möbius, 1887, S. 123; Fowler, 1898; ? Lo Bianco, 1903.

Schalenumriß annähernd kreisförmig, breit-oval, fünfeckig oder siebeneckig. „Dombildungen" bald mehr, bald weniger stark entwickelt.

Nasalgriffel nur mit einem Paar stärkerer, nach der Schalenkante abgehender Seitenäste, welche in der Regel ihrerseits zu Griffeln entwickelt sind, zuweilen aber auch nur als Dendriten ausgebildet sein können (vergl. die Fig. 1 bei Haeckel). Freier Teil des Nasalgriffels verschieden lang (vergl. Fig. 1 und 2 bei Haeckel), bei meinen Exemplaren meist mit 3 oder 4 Paaren freier Endbäumchen. Die Terminalbildungen aller Griffel bestehen aus 2 dünnen, 2—3mal ge gabelten Aesten, deren Endsprosse einen feinbedornten Endknopf tragen.

Höhe der Gitterschale (ohne den freien Abschnitt der Nasalgriffel) bei meinen Exemplaren 1,5—1,6 mm. Nach Haeckel beträgt die „Länge" der Schale 1,6—2,5 mm.

Varianten: *C. murrayanum* weist, wie bereits erwähnt, hinsichtlich der Schalengestalt, sowie bezüglich der Entwickelung der Dombildungen und der freien Griffelabschnitte und offenbar auch

in Bezug auf die Zahl der zu Griffeln entwickelten Radialröhren zahlreiche Verschiedenheiten auf. Allem nach haben die Uebergänge einen gleitenden, nicht einen sprungweisen Charakter.

Fundorte: Nördlicher Atlantik, Golfstrom, beim Färöer-Kanal (HAECKEL); Golfstrom, östlich Rockall (MÖBIUS); Färöer-Kanal (wiederholt im „Epiplankton", in Tiefen oberhalb 2, 10 und 30 Faden, außerdem im „Mesoplankton" in den Tiefen von 465—335 und 480—350 Faden gefischt, FOWLER); ? Mittelmeer (LO BIANCO);

T.-St. 10, 11 (Golfstrom, V., mehrere Exemplare), 20 (canarische Strömung).

Verbreitung. Diese bisher nur in den nordöstlichen Gebieten des Atlantik gefundene Form scheint, den Angaben FOWLER's zufolge, pamplanktonisch zu sein und sogar in den oberflächlichen Schichten des Phaoplanktons vorzukommen.

15.—17. Gattung. *Coelospathis* HAECKEL, *Coelostylus* HAECKEL und *Coelagalma* HAECKEL.

Von den 6 zu diesen Gattungen gehörenden, von HAECKEL beschriebenen Formen sind 5 pacifisch, eine *(Coelostylus bisenarius)* indisch. *Coelospathis ancorata* ist von LANG (Lehrb. d. vergl. Anat., Protozoa, S. 47) als Beispiel eines besonders kompliziert gebauten einzelligen Wesens herangezogen worden.

18. Gattung. *Coelanthemum* n. gen.

Nasalröhre in 4, jede der Hauptseitenröhren in 5 Griffel gespalten. Im ganzen achtundzwanzig Griffel.

Coelanthemum auloceroides n. sp.

Taf. LXVIII, Fig. 507; Taf. LXIX, Fig. 516.

Coelanthemum auloceroides V. HAECKER, 1907, S. 168, Fig. 13.

Gestalt der äußeren Gitterschale annähernd sphärisch, Gesamtkörper sternförmig.

Galea steil-amboßförmig, vollständig in der oralen Hälfte der Schalenklappe gelegen, mit kurzer und ziemlich weiter Rhinocanna, deren aufgekrempter Rand durch ein Frenulum mit der Stirnfläche der Galea verbunden ist.

Nasalröhre dicht über der Basis zweimal gegabelt und in 4 Griffel gespalten, Hauptseitenröhren ebenfalls dicht über der Basis in 5 büschelförmig ausstrahlende Griffel gespalten. Außerdem sind ein Postnasal- und ein stark aboralwärts gerichteter Apikaldendrit vorhanden. Einen Aboraldendriten konnte ich nicht nachweisen, vielmehr werden die aboralen Teile der Gitterschalenhälften durch 2 Seitengriffel der Hauptseitenröhren gestützt. Die Verästelung der sämtlichen Griffel ist eine sehr regelmäßige und sehr einfache (Fig. 516): innerhalb der äußeren Gitterschale, und zwar dicht unterhalb derselben, geht nur ein einziges Paar gegenständiger, größerer Spangen von den Griffeln ab, auf der Höhe der Gitterschale tritt in einer senkrecht zum ersten Paar gelegenen Ebene ein zweites Paar gegenständiger Spangen in das Maschenwerk ein, und außerhalb der Gitterschale ist nur ein Paar Seitenbäumchen vorhanden, welche mit ihren zurück-

gebogenen fadenförmigen Verzweigungen in das Gitterwerk eintreten und so einen flachen „Dom“ bilden. Die Terminalbildungen bestehen aus 1 ein oder zweimal gegabelten Aesten, deren fein bedornte Endsprosse 2 oder 3 kleine Terminalknöpfe tragen. Im ganzen erinnert der Bau des Skelettes und speciell die Anordnung und Endverzweigung der Radialelemente sehr an manche Aulacanthiden, insbesondere an *Aulocerus*, *Auloklepies* und *Aulospathis*, wobei die äußere Gitterschale von *Coelanthemum* mit dem tangentialen Nadelmantel, bezw. mit den proximalen Quirlen von *Aulospathis* verglichen werden könnte.

Durchmesser der äußeren Gitterschale 1,3, des ganzen Skelettes 1,9 mm.

Fundort: T.-St. 268 (nördlicher Indik, 2 Exemplare).

Nachtrag zu den Tripyleen.

Familie Astracanthidae.

Taf. LXXII.

Dicystine (d. h. mit 2 Centralkapseln ausgestattete) Tripyleen mit radiär angeordneten, hohlen, am distalen Ende mit verschiedenartigen Endbildungen ausgestatteten Radialstacheln, deren innere Enden an der Oberfläche einer centralen Hohlkugel zusammenstoßen.

Beim ersten Sortieren des „Valdivia“-Materials hatte ich eine Anzahl von großen Radiolarien, die an Bord zum Teil mit der Etikette „Riesenacantharien“ versehen waren, bis auf weiteres, ohne sie genauer zu untersuchen, zurückgestellt. Die Bearbeitung der Tripyleen war schon ihrem Ende nahegerückt, als ich bei der Durchsicht einer kleineren, nachträglich mir zugegangenen Sendung abermals auf diese Formen stieß und nunmehr erkannte, daß die betreffenden sternförmigen Skelette nicht zu den Acantharien, sondern zu den Tripyleen zu stellen sind. So kommt es, daß ich die „Astracanthiden“, wie ich die neuen Formen nennen möchte, im Text und auf den Tafeln nicht an ihrem richtigen Platze, sondern in einem Nachtrag zu den Tripyleen unterbringen muß. Der Fehler ist deshalb kein sehr großer, weil, wie gezeigt werden soll, die Astracanthiden nicht bloß eine nahe Verwandtschaft zu den Aulacanthiden, sondern auch gewisse Beziehungen zu den Cölodendriden erkennen lassen. Sie schließen gewissermaßen die linear angeordnete Reihe der Tripyleenfamilien zu einem Ring zusammen.

Die Skelette der Astracanthiden sind ungemein zierliche Sterne von einem Durchmesser von 3,6—4,5 mm. Die Astracanthiden gehören also zu den größeren Tripyleen.

Ueber die Gesamtform der Tiere kann ich keine sicheren Angaben machen, da bei allen meinen Exemplaren ein großer Teil der Stacheln abgebrochen war und so nicht entschieden werden konnte, ob sie alle von gleicher Größe sind. Da wenigstens einige Skelette deutlich eine Anordnung der Radialstacheln in mehreren Kränzen aufwiesen, so ist es nicht ausgeschlossen, daß die Astracanthiden eine von der Kugel abweichende, speciell eine linsenförmige Gestalt besitzen, ähnlich wie viele Acantharien.

Die Radialstacheln sind hohl, wie die der Aulacanthiden, Aulosphäriden und Cölodendriden. Ein Achsenstrang, wie er in den Tangentialbalken und Radialstacheln der Aulosphäriden vorkommt, fehlt. Auch sind die Radialstacheln nicht, wie die Balken und Stacheln

der Aulosphäriden, im Centrum des Sternes mit keilförmig verjüngten Enden gegeneinander gestemmt, vielmehr ruhen sie auf einer centralen Kugel, welche, wie die Stacheln selbst, aus einer kieseligen Schale und einer gallertigen Innenmasse besteht (Textfig. 49).

Die Bewaffnung der Radialstacheln ist bei den einzelnen Formen eine sehr verschiedenartige. Bei *A. paradoxa* (Taf. LXXII, Fig. 530, 534—536) sind die äußeren Abschnitte der Radialstacheln mit kurzen, nach außen gekrümmten Dornen besetzt, welche großenteils solid sind und höchstens in ihrem basalen Abschnitt einen Achsenkanal erkennen lassen. Die Dornen sind meist zugespitzt und tragen nur vereinzelt Andeutungen von Spathillen, gegen das proximale Ende des Stachels hin verkürzen sie sich zu kurzen Knöpfchen. Im ganzen ist ihre Verteilung eine unregelmäßige, doch kann auch, wenigstens in den distalen Stachelabschnitten, eine Tendenz zu Quirlbildung hervortreten.

Bei *A. heteracantha*, mit welcher Form wahrscheinlich das früher (S. 90) beschriebene *Aulodendron heteracanthum* (Taf. X, Fig. 92) identisch ist, sind die äußersten Abschnitte der Radialstacheln, abgesehen von der aus 3 oder 4 kräftigen Zähnen bestehenden Terminalkrone, mit auswärts gekrümmten, massiven Dornen besetzt. Die inneren Stachelabschnitte tragen ebenfalls massive, mit spathillenähnlichen Endbildungen versehene Dornen, welche großenteils wohl als verstümmelte Dendriten zu deuten sind, deren dichotomische Verzweigungen unmittelbar an ihrer Abgangsstelle abgebrochen sind (vergl. Taf. X, Fig. 92). Bei *A. heteracanthoides* (Taf. LXXII, Fig. 531—532) fand ich hohle Aeste von im übrigen ähnlicher Beschaffenheit, wie diejenigen der vorigen Art, während bei *A. umbellifera* (Fig. 533) die unregelmäßig gekrümmten Radialstacheln in ihren äußeren Abschnitten mit einer Anzahl längerer, dichotomisch verzweigter Aeste besetzt sind und sehr an die Radialstacheln von *Aulodendron indicum* (HAECKEL, Rep., p. 1590, Taf. CV, Fig. 1) erinnern, nur daß sie keine deutlichen Spathillen tragen.

Fig. 49. Durchschnitt durch den Stern einer jungen *Astracantha* mit noch häufiger Skelettanlage. Die Radialstacheln sind mit dunkel färbbarer, die centrale Skelettkugel mit etwas hellerer Gallerte gefüllt. T.-St. 32.

Die Wandung der Radialstacheln der Astracanthiden besteht, wie die der übrigen Tripyleen, aus einer Kieselverbindung. Längeres Glühen auf dem Platinblech und 24-stündige Behandlung der Skelette mit konzentrierter Schwefelsäure oder rauchender Salpetersäure läßt dieselben vollkommen unversehrt.

Mehrere Exemplare boten Verhältnisse dar, welche in entwickelungsgeschichtlicher Hinsicht von einigem Interesse sind. Bei einem Individuum von *A. paradoxa* (Textfig. 49) waren die Stacheln noch weichhäutig und enthielten in ihrem Innern eine färbbare, wahrscheinlich gallertige Flüssigkeit, bei einem Exemplar von *A. heteracanthoides* dagegen war der Hohlraum der äußeren Stachelabschnitte großenteils durch eine körnige Masse verdrängt, welche durchaus an die sekundäre Verkieselung von *Auloceros* und anderen Aulacanthiden erinnert (vergl. Taf. LXXII, Fig. 532, mit Taf. XLIV, Fig. 335). Es ist anzunehmen, daß es sich in beiden Fällen um Entwickelungsstadien handelt, und ferner ist aus der Beschaffenheit der offenbar noch jungen Stacheln von *A. heteracanthoides* zu schließen, daß die fertigen Radialstacheln in ihren äußeren Abschnitten eine starke Wandverdickung aufweisen, im Gegensatz zu den proximalen Teilen, welche gerade bei dieser Form sehr dünnwandig sind.

Eine andere Beobachtung bezieht sich auf ein Exemplar von *A. paradoxa* (Taf. LXXII, Fig. 534—536). Hier waren nahezu alle Radialstacheln auf gleicher Höhe, nämlich ungefähr an der Grenze zwischen dem äußeren und mittleren Drittel in eigentümlicher Weise durch eine Naht unterbrochen, zum Teil auch eingeschnürt oder sonstwie unregelmäßig ausgebildet. In der Umgebung dieser Stelle waren die Dornen mit besonders breiten Basen versehen, welche eine oder mehrere, im Präparat zum Teil mit Luft gefüllte Kammern aufwiesen, und an ihrer Spitze unregelmäßig gezähnelt. Man könnte bei dieser Deformation in erster Linie an Regeneration denken, indessen spricht dagegen der Umstand, daß alle Stacheln die betreffende Verbildung an der nämlichen Stelle zeigen, und ich möchte daher die Erscheinung eher als eine Entwickelungsstörung deuten: man wird anzunehmen haben, daß während des Auswachsens der häutigen Stachelanlagen eine den ganzen Weichkörper betreffende, vorübergehende Störung eingetreten ist, durch welche das gleichmäßige Auswachsen eine Unterbrechung erlitt. Erst nachdem diese Störung überwunden und das Wachstum der Stachelanlage vollendet war, trat die Verkieselung ein, und nun kam jene Wachstumsstockung in dem Auftreten einer Naht und in der Deformation der Seitendornen zum Ausdruck. Ich möchte unter anderem an die früher (S. 55, Taf. XLII, Fig. 301) beschriebene Aberration von *Auloceros trigeminus* erinnern, welche ebenfalls nicht auf lokale Störungen, sondern nur auf eine im ganzen Weichkörper gleichmäßig zur Herrschaft gelangte, an allen Punkten desselben wirksame konstitutionelle Abweichung der formbildenden Sarkode zurückgeführt werden kann.

Alle Exemplare von *Astracantha*, welche überhaupt etwas vom Weichkörper erkennen ließen, besaßen zwei Centralkapseln. Ich möchte daher mit Bestimmtheit annehmen, daß die Astracanthiden, ähnlich wie *Phaeocolla valdiviae*, wie die dicystinen Aulacanthiden und die Tuscaroren, normalerweise zwei Centralkapseln besitzen. Die beiden Centralkapseln liegen einander mehr oder weniger diametral gegenüber und sind mit ihrer, durch eine lange Proboscis ausgezeichneten Astropyle gegen das Centrum des Skelettes gerichtet. Im übrigen haben sie eine birnförmige Gestalt und sind mit einer außerordentlich derben Membran ausgestattet. Parapylen konnte ich weder an den ganzen Centralkapseln, noch an den (infolge vielfacher Zerreißung der derben Kapselmembran allerdings unvollständigen) Schnittserien mit Sicherheit feststellen. Die intrakapsuläre Sarkode ist auf der Astropylenseite sehr dicht und vakuolenarm, dagegen befindet sich im Rücken des Kernes eine große linsenförmige Vakuole, welche sehr an die große Gallertmasse im parapylären Abschnitt der Centralkapseln mancher großen Medusettiden (Taf. LVII, Fig. 455) erinnert und wie diese als hydrostatischer Apparat funktionieren mag. Der Kern hat eine ellipsoidische Gestalt und zeigt eine grobschollige Struktur, ähnlich den Kernen der dicystinen Aulacanthiden. Im übrigen war der Konservierungszustand meiner Präparate für die Untersuchung der kerngeschichtlichen Verhältnisse nicht ausreichend, was vielleicht ebenfalls mit der Derbheit und Undurchlässigkeit der Centralkapselmembran zusammenhängen mag.

Der Astropyle der Centralkapseln ist ein kleines Phäodium vorgelagert.

Ueber die Horizontalverbreitung der Astracanthiden läßt sich zur Zeit nur soviel sagen, daß sie sowohl im tropischen Atlantik und Indik, als auch im Benguelastrom und in der Antarktis vorkommen. Noch weniger bestimmte Angaben lassen sich über die Vertikalverbreitung machen. Die bedeutende Größe der Tiere und ihr Fehlen in den Plankton-

zügen lassen es als wahrscheinlich erscheinen, daß man es mindestens mit knephoplanktonischen Formen zu thun hat, wofern sie nicht noch größeren Tiefen angehören.

Was die systematische Stellung der Astracanthiden anbelangt, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß sie als nächste Verwandte der Aulacanthiden anzusprechen und zusammen mit diesen der Unterordnung der Phaeosphaeria einzureihen sind. Die Diagnose dieser Unterordnung muß demnach lauten:

„Tripyleen ohne Skelett oder mit zahlreichen, hohlen Radialstacheln, welche mit ihren proximalen Enden frei im Weichkörper stecken oder zu einem Stern verbunden sind."

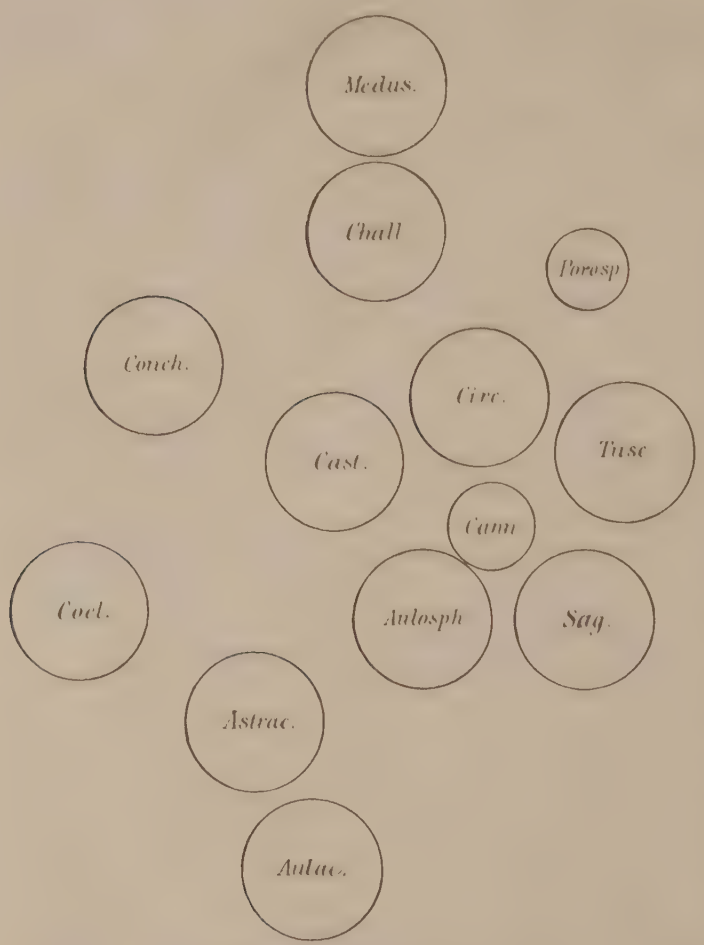


Fig. 50. Horizontalprojektion des Stammbaums der Tripyleen nach Einfügung der Astracanthiden. Verbessert gegenüber dem S. 6 abgebildeten Stammbaum.

Auch zu den Aulosphäriden und zu den Cölodendriden zeigen die Astracanthiden nähere Beziehungen, insbesondere stimmen sie mit letzteren hinsichtlich der Gestalt der Hohlstacheln und deren Verzweigungsweise *(A. umbillifera!)* in weitgehender Weise überein.

Alles in allem werden sie im horizontalen Stammbaum am besten ihren Platz zwischen den Aulacanthiden, Aulosphäriden und Cölodendriden finden, so daß sie die Lücke zwischen den Aulacanthiden und Cölodendriden einigermaßen ausfüllen (Textfig. 50).

Bei einem Vergleich der Astracanthiden mit den Aulacanthiden und Cölodendriden ergiebt sich übrigens noch ein interessanter Gegensatz hinsichtlich der Art und Weise, in welcher in den genannten drei Familien der Uebergang aus der sphärischen in die bilateralsymmetrische Form vollzogen, bezw. der Versuch gemacht wird, der Konkurrenz, welche zwischen Centralkapsel und radiären Skelettstrukturen bezüglich des Weichkörpercentrums besteht, gerecht zu werden (1907, S. 159):

„Bekanntlich wird bei vielen Spumellarien, sowie bei den Acantharien dieser Gegensatz in der Weise ausgeglichen, daß die central gelegene Centralkapsel von den Radialstacheln durchbohrt wird. Dagegen schlagen die genannten Tripyleenfamilien sehr verschiedene Wege ein, und zwar zeigen speziell die Astracanthiden und die Gruppe der Cölodendriden und Cölographiden extreme Verhältnisse. Während nämlich bei den ersteren die hohlen Radialstacheln

im Centrum des Tieres zusammenstoßen und hier miteinander zu einem Stern verkittet sind und während bei ihnen durch die Verdoppelung der aus dem Centrum verdrängten Centralkapsel ein Gleichgewichtszustand wiederhergestellt wird, sehen wir bei den Cölodendriden und Cölographiden ein umgekehrtes Verhältnis: die Centralkapsel behauptet ihren Platz in der Mitte des Weichkörpers, und dafür sind die radialen Skelettelemente auf zwei Centren konzentriert. Eine dritte Abweichung von der monocentrischen Anordnung, und zwar, rein morphologisch betrachtet, eine Art Zwischenstufe zwischen dem Verhalten der Astracanthiden und der Cölodendriden-Cölographiden, findet sich bei den dicystinen, d. h. regelmäßig mit zwei Centralkapseln ausgestatteten Aulacanthiden (*Aulographis pandora* u. a.). Hier findet man vielfach, wenn auch nicht immer, daß neben der Duplicität der Centralkapseln auch die Radialstacheln eine ausgeprägt dicentrische Anordnung aufweisen."

Astracantha paradoxa n. sp.

Taf. LXXII, Fig. 530, 534—536; Textfig. 49.

Astracantha paradoxa V. Haecker, 1906 c, S. 890, Fig. 12.

Mit 20—30 2,2 mm langen Radialstacheln, welche in ihren äußeren Abschnitten mit kurzen, massiven, nach außen gekrümmten Dornen, gegen das proximale Ende hin mit kurzen Knöpfchen in meist unregelmäßiger, seltener annähernd quirlförmiger Anordnung besetzt sind. Vereinzelte Dornen tragen Andeutungen von Spathillen.

Zwei Centralkapseln.

Fundorte: St. 44 (Guineastrom, V.), 182 (indischer Südäquatorialstrom, V.), 218, 236 268 (nördlicher Indik, V.).

Offenbar Warmwasserform.

Astracantha heteracantha n. sp.

? Aulodendron heteracanthum V. Haecker, 1905, S. 347, Fig. 8 (s. oben S. 90, Taf. X, Fig. 92).
Astracantha heteracantha V. Haecker, 1906 c, S. 891, Fig. 13.

Mit 30—40 1,8 mm langen Radialstacheln, welche im distalen Teil mit nach außen gekrümmten Zähnen, im proximalen mit reich verzweigten Dendriten ausgestattet sind. Außerdem trägt das Stachelende eine Terminalkrone von 3 oder 4 kräftigen, massiven, nach außen gerichteten Zähnen.

Mit dieser Form, von welcher mir ein centraler Stern mit mehren vollständigen Radialstacheln vorliegt, zeigt eine große Uebereinstimmung das oben (S. 90) beschriebene *Aulodendron heteracanthum*, dessen Diagnose auf einem im „Gauß"-Material isoliert gefundenen Radialstachel begründet war. Die proximalen Stachelanhänge des letzteren tragen meiner früheren Beschreibung zufolge ausgeprägte Spathillen, indessen handelt es sich hier höchst wahrscheinlich um abgebrochene Dendriten (vergl. auch die Bemerkungen über den heterogenen Charakter der in der Gattung *Aulodendron* zusammengestellten Formen, S. 88 f.).

Fundort der *Astracantha heteracantha*: T.-St. 149 (Antarktis, V), des *Aulodendron heteracanthum*: tropischer Atlantik bei Ascension („Gauß").

Astracantha heteracanthoides n. sp.

Taf. LXXII, Fig. 531—532.

Von voriger Form dadurch unterschieden, daß die distalen Abschnitte der Radialstacheln eine sekundäre Verkieselung zeigen (ähnlich den Radialstacheln von *Auloceros* u. a.) und daß die Seitenäste der Radialstacheln hohl sind und sämtlich senkrecht abstehen; die proximalen Seitenäste sind dendritisch verzweigt, die distalen Seitenäste und die Terminaläste tragen wahrscheinlich spathillenähnliche Endbildungen.

Fundort: T.-St. 85 (Benguelastrom, V.).

Astracantha umbellifera n. sp.

Taf. LXXII, Fig. 533.

Astracantha umbellifera V. HAECKER, 1906c, S. 891, Fig. 14.

Mit 14—15 1,8—2,2 mm langen, mehr oder weniger gekrümmten Radialstacheln, welche eine Anzahl längerer, hohler, senkrecht abstehender, dichotomisch verzweigter Aeste tragen. Die letzten Enden der Verzweigungen sind spitzig oder mit winzigen, schwach bedornten Knöpfchen versehen.

Die vorliegende Form erinnert sehr an *Aulodendron indicum* HAECKEL (Rep., p. 1590, Taf. CV, Fig. 1), nur daß bei letzterer Form die Verzweigungen mit ausgesprochenen Spathillen enden.

Fundorte: T.-St. 217, 218 (nördlicher Indik, V.).

II. Die skelettführenden Collodarien als Trabanten der Tripyleen.

Die Spumellarien („Schaumsternchen", EHRENBERG, 1875, S. 156) oder Peripyleen (R. HERTWIG, 1879, S. 133) bilden bekanntlich die erste Legion im HAECKEL'schen Radiolariensystem. Sie werden definiert als Radiolarien, welche eine einfache und von zahllosen Poren gleichmäßig durchbohrte Membran besitzen.

An diese Definition lassen sich gewisse sachliche Bedenken knüpfen. Denn in Wirklichkeit sind die Poren nur bei sehr wenigen Formen thatsächlich zur Beobachtung gelangt. HAECKEL (1862, p. 71) fand bei *Thalassicolla*, daß die dicke Membran „auf dem Querschnitt (auf Falten) sehr dicht von feinen parallelen Strichen durchsetzt erscheint. Diese sind wahrscheinlich auf feine Porenkanäle zu beziehen". R. HERTWIG (1879, S. 106), der Schöpfer der Bezeichnung „Peripyleen", bemerkt, daß der Nachweis der Poren durch direkte Beobachtung nur bei Formen mit außergewöhnlich dicker Membran gelingt, nämlich bei den Thalassicollen und manchen Sphärozoiden, und BRANDT (1885, S. 33) teilt mit, daß er die Porenkanäle nur bei einer jugendlichen Kolonie von *Collosphaera Huxleyi* nach Behandlung mit Jodspiritus gesehen habe.

Weitere Angaben sind mir nicht bekannt geworden. Für die Sphärellarien fehlen solche ganz, und ich selbst habe weder bei den Orosphäriden noch bei den Thalassothamniden, welche

beide Familien ebenfalls zu den Spumellarien gehören, am konservierten Material Porenkanäle wahrnehmen können. Allerdings ist bei den Oroscenen die Centralkapselmembran (im Gegensatz zur Membran älterer Kerne) von nur mäßiger Dicke, und bei der Thalassothamnidengattung *Cyclocladus* ist sie, wie auch O. Schröder angiebt, sogar als sehr fein zu bezeichnen, und es wäre also nach Obigem denkbar, daß damit die Schwierigkeit des Nachweises zusammenhängt, jedenfalls ist es aber nicht wohl angängig, das Vorhandensein von solchen Poren jetzt schon als allgemeinen Charakter der Peripyleen zu bezeichnen (Haeckel, Rep., p. XXIX; Mon., Vol. II, p. 25).

Trotzdem nun aber die obenerwähnte Definition auf der Verallgemeinerung einiger weniger Befunde beruht und demnach noch nicht als eine durchweg gültige bezeichnet werden kann, dürfte es doch sehr wahrscheinlich sein, daß thatsächlich die von Haeckel vorgeschlagene Umgrenzung der „Legion" der Spumellarien natürliche Verwandtschaftsverhältnisse zum Ausdruck bringt, und daß die verschiedenen hierher zu rechnenden Haupttypen, nämlich die außerordentlich zierlichen, vielfach durch komplizierte Skelette ausgezeichneten Sphärellarien, die koloniebildenden Polycyttarien und die großen, zum Teil mit einem mächtigen hydrostatischen Apparat, zum Teil mit kräftigen Skelettbildungen ausgestatteten Collodarien (sens. strict.), drei divergirende, besonderen Lebensbedingungen angepaßte Entwickelungsrichtungen darstellen, welche von einem gemeinschaftlichen Centrum ausgegangen sind. Als Grundplan in der Organisation ist wohl die sphärisch-konzentrische Anordnung der Körperteile zu betrachten (Haeckel, Rep., p. 6).

Damit kommen wir bereits auf die Systematik der Spumellarien zu sprechen. Haeckel (1883, 1887) hat die Legion der Spumellarien ausschließlich nach der Beschaffenheit des Skelettes in zwei Sublegionen, in die der Collodarien und Sphärellarien, eingeteilt. Erstere entbehren entweder des Skelettes (*Thalassicolla* u. s. w.) oder ihr Skelett besteht aus unzusammenhängenden Spiculis (*Thalassoxanthium* u. s. w,), letztere besitzen eine zusammenhängende Gitterschale. Daraus ergiebt sich die Einteilung in 6 Ordnungen:

1. Sublegion: Collodaria. Skelett fehlend oder unvollständig.	Skelett fehlt	1. Ordnung Colloida. a) Monozoa (Thalassicollida). b) Polyzoa (Collozoida).
	Skelett besteht aus einzelnen Spiculis	2. Ordnung Beloidea. a) Monozoa (Thalassosphaerida). b) Polyzoa (Sphaerozoida).
2. Sublegion: Sphärellaria. Skelett eine vollständig geschlossene Gitterschale.	Gitterschale kugelig	3. Ordnung Sphaeroidea.
	Gitterschale ellipsoidisch	4. Ordnung Prunoidea.
	Gitterschale scheiben- oder linsenförmig	5. Ordnung Discoidea.
	Gitterschale dreiachsig-ellipsoidisch	6. Ordnung Larcoidea.

In diesem System sind die koloniebildenden Formen an drei verschiedenen Stellen unterzubringen: die skelettlosen Collozoen bei den Colloideen, die mit Spiculis ausgestatteten Sphärozoen bei den Beloideen und die mit Gitterschalen versehenen Collosphären bei der Sphaeroideen. Was dann die beiden, den Spumellarien neu einzureihenden Gruppen anbelangt, so würden die Thalassothamniden mit einem großen Riesenspiculum eventuell bei den Beloideen, die Orosphäriden (welche von Haeckel noch zu den Tripyleen gestellt worden waren) bei den Sphäroideen unterzubringen sein.

Gegen die ausschließliche Berücksichtigung des Skelettes bei der Einteilung der Spumellarien und insbesondere gegen die dadurch bedingte Außeinanderreißung der koloniebildenden Formen hat sich Brandt (1885, 1902) gewandt. Brandt (1902) hält es, vor

allem mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Kerne und die von ihm selbst beschriebenen Fortpflanzungsvorgänge, für unbedingt nötig, die koloniebildenden Formen (einschließlich der von HAECKEL zu den Sphärellarien gestellten Collosphären) von den monozoen skelettlosen oder nur mit Spiculis bewaffneten Spumellarien, den „Colliden", abzutrennen und sie einer besonderen Gruppe (Sphaerozoea, Polyzoa) zusammenzufassen. Immerhin hält er die Verwandtschaft zwischen den Colliden und den Polyzoen für eine engere als diejenige zwischen diesen beiden Gruppen und den übrigen Spumellarien, und er bringt dies dadurch zum Ausdruck, daß er die beiden Gruppen in einer besonderen Unterlegion (Sphaerocollida) zusammenfaßt und diese der Unterlegion der Sphärellarien gegenüberstellt. Demnach gelangt BRANDT zu folgender Einteilung (1902, S. 83):

1. Legion: **Spumellaria.**
   1. Unterlegion: **Sphaerocollida.**
      1. Ordnung: Collida.
         1. Familie: Thalassicollidae.
         2. Familie: Thalassophysidae.
         3. Familie: Physematidae.
      2. Ordnung: Sphaerozoea (Polyzoa).
         1. Familie: Sphaerozoidae.
         2. Familie: Collosphaeridae.
   2. Unterlegion: **Sphaerellaria**

u. s. w.

Ich halte die Anschauung von BRANDT für durchaus richtig, wonach eine verbesserte Klassifikation der Radiolarien und insbesondere der Spumellarien nicht ausschließlich auf das Skelett, sondern auch auf die Verhältnisse des Calymmas, der Centralkapsel und des Kernes, sowie auf die Fortpflanzungsgeschichte Rücksicht zu nehmen hat. Dabei ist freilich zu beachten, daß ein Einteilungsversuch auf dieser breiteren Basis deswegen zurzeit noch undurchführbar ist, weil erstens die eigenen kerngeschichtlichen Studien BRANDT's wegen der damals noch unvollkommenen Technik nicht allen Anforderungen genügen, die wir heute an derartige Untersuchungen stellen, und weil ferner über die kern- und fortpflanzungsgeschichtlichen Verhältnisse der großen Gruppe der Sphärellarien noch so gut wie gar nichts bekannt ist. Erst wenn einmal in dieser Richtung mehr geschehen ist, wird man zu einem natürlichen System der Spumellarien gelangen können, und der Forscher, dem es zum ersten Mal vergönnt sein wird, ein gut konserviertes Material von Sphärellarien, etwa von den größeren Astrosphäriden, in die Hand zu bekommen, wird zweifellos berufen sein, einen großen Schritt in der Systematik und Fortpflanzungsgeschichte der Radiolarien vorwärts zu tun.

Einigen Punkten darf man aber vielleicht jetzt schon näher treten, und man wird insbesondere die Frage erheben müssen, ob die Anschauung HAECKEL's richtig ist, wonach die als Colloidea monozoa oder Thalassocollida (Rep., p. 10) bezeichneten großen, skelettlosen monozoen Formen an den Anfang der ganzen Reihe der Spumellarien und damit der Radiolarien überhaupt zu stellen sind.

Man wird zunächst unter diesen Formen zwei Gruppen unterscheiden und die kleinen (zum Teil nur 0,2—0,4 mm großen), der Alveolen entbehrenden Actissen der Gesamtheit

der großen, mit Alveolen ausgestatteten Formen *(Thalassolampe, Thalassopila, Thalassicolla, Thalassophysa)* gegenüberstellen müssen.

Was die erstere Gruppe anbelangt, so ist der schon von R. Hertwig (1879, S. 33) ausgesprochene Verdacht, daß die Actissen Entwickelungszustände von größeren *Thalassolampe-* und *Thalassicolla*-Arten darstellen, aus verschiedenen, namentlich von Brandt (1902, S. 81) hervorgehobenen Gründen sehr naheliegend, und man wird sogar noch weiter gehen dürfen und unter den Actissen nicht bloß die Jugendstadien der skelettlosen, sondern auch die der nadelführenden und gepanzerten Formen zu suchen haben. Wenigstens glaube ich für *Oroscena regalis* ganz bestimmt annehmen zu dürfen, daß den Ausgangspunkt der Entwickelung ein Actissa-ähnliches Stadium bildet.

Was dann die zweite Gruppe der skelettlosen monozoen Arten anbelangt, so steht der Auffassung, daß man es mit besonders primitiven Formen zu thun hat, schon ihre bedeutende Größe im Wege. Der Durchmesser der hierher gehörenden Formen beträgt im Mittel 3—5 mm, einige, wie *Thalassolampe maxima,* erreichen eine Größe von über 12 mm. Nun wird man aber doch kaum eine so bedeutende Entfaltung der Weichkörperdimensionen als einen ursprünglichen Charakter betrachten wollen, vielmehr hat man zweifellos in dieser Größenentwickelung eine weitgehende, von den typischen Verhältnissen der meisten übrigen Protozoen stark divergierende Specialisierung zu suchen, welche mit der Entwickelung eines besonderen hydrostatischen Apparates in Gestalt der Calymmahülle und des intra- und extrakapsulären Alveolenmantels zusammenhängt.

Wenn wir uns dann daran erinnern, daß z. B. bei den größeren Medusettiden *(Planktonetta, Atlanticella)* mit der Ausbildung eines besonderen hydrostatischen Apparates eine Rückbildung des Skelettes Hand in Hand gehen kann, so wird man zu der weiteren Vermutung geführt, daß bei unseren großen Spumellarien auch die Skelettlosigkeit einen sekundären Zustand darstellt, welcher sich gleichzeitig mit der Entwickelung von Calymma und Alveolenmantel herausgebildet hat, und daß also die monozoen Colloideen von skelettführenden, monozoen Formen, also von den Beloidea monozoa abzuleiten sind. Jedenfalls dürfte diese Auffassung zur Zeit ebensoviel für sich haben, wie die gegenteilige, von Haeckel vertretene Ansicht. Es sei zum Ueberfluß noch an die zahlreichen Fälle erinnert, in welchen speciell bei pelagischen Tierformen eine Rückbildung des Skelettes stufenweise zu verfolgen ist, so an die fortschreitende „Rudimentation" der Schale bei den Heteropoden und Pteropoden [1]) und an die Skelettlosigkeit der Pelagothurien [2]).

Wir werden also zu der Auffassung geführt, daß speziell die monozoen Colloideen (Thalassicollida) wohl schwerlich an die Wurzel des Radiolarienstammes zu stellen sind, und es könnte sich also nach dem eben Gesagten vielleicht noch darum handeln, ob vielleicht ihren skelettführenden Verwandten, den monozoen Beloideen Haeckel's (Thalassosphaerida), diese Stelle einzuräumen ist. Zunächst ist hier zu sagen, daß keinerlei Hinweis darauf besteht, daß die Spikula dieser Formen irgendwie nähere Beziehung zu den komplizierten Skeletten der Sphärellarien haben, daß sie insbesondere den Ausgangspunkt für diese letzteren Skelettbildungen gebildet haben, und so hat denn auch schon Haeckel (Rep., p. CVI; Mon., 2. Teil, p. 89) die Vermutung

1) Vergl. Lang-Hescheler, Lehrb. d. vergl. An., 1900, S. 84.
2) Vergl. C. Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres, 2. Aufl., 1905, S. 546.

ausgesprochen, daß die Skelettbildung der Beloideen und die der Sphäroideen unabhängig voneinander eingetreten ist.

Berücksichtigt man noch den Umstand, daß zu den Beloideen auch die mächtigen, mit einem hochspecialisierten Skelett ausgestatteten Formen der Thalassothamniden *(Thalassothamnus, Cytocladus)* und Orosphäriden gehören (vergl. Taf. LXXIII—LXXVI), so gewinnt man, wie ich glaube, den Gesamteindruck, daß ebenso wie die Gruppe der monozoen Colloideen auch diejenige der monozoen Beloideen gegenüber den Sphärellarien im ganzen eher einen jüngeren und differenzierteren Charakter besitzt. Ob zu Gunsten dieser Auffassung auch das Fehlen von fossilifizierten Beloideen und die eigentümliche Fortpflanzungsgeschichte von *Oroscena* angeführt werden kann, darüber wird erst zu entscheiden sein, wenn einerseits bezüglich der Widerstandskraft und Erhaltungsfähigkeit der Beloideenskelette im Meeresschlamm genauere Angaben vorliegen, andererseits auch die Fortpflanzungsgeschichte anderer Spumellarien genauer bekannt ist.

Alles in allem bin ich also der Ansicht, daß die skelettlosen monozoen Colloideen und die skelettführenden monozoen Beloideen zusammen eine gut abgegrenzte Gruppe bilden, welche, im Vergleich mit der großen Masse der kleinen skelettführenden Spumellarien, eher einen einseitig specialisierten, als einen primitiven Charakter besitzt und welche also im System nicht vor, sondern hinter die Sphärellarien zu stellen wäre. Man würde diese Gruppe als Collida (κόλλα, Gallerte; HAECKEL, 1862, S. 244; R. HERTWIG, 1879, S. 32; BRANDT, 1902) oder, vielleicht besser, um Namen mit gleichen Endungen zu gewinnen, als **Collodaria** (sensu strict.) zu bezeichnen haben.

Nach BRANDT (1902, S. 81) würde diese Abteilung in die drei Familien der Physematiden (mit kugeligem Kern und mit intrakapsulären Vakuolen), Thalassicolliden (mit kugeligem Kern und mit extrakapsulären Vakuolen) und Thalassosphäriden (Kern meist mit radialen Aussackungen, Kernsubstanz in Innen- und Außenmasse gesondert) zerfallen. In jeder dieser drei Familien würden nach BRANDT sowohl skelettlose als skelettführende Formen unterzubringen sein, so daß also die BRANDT'schen Familien der Thalassicolliden und Thalassosphäriden einen anderen Umfang haben, als die gleichbenannten Familien im HAECKEL'schen System. Diesen drei Familien würden dann die neue Familie der Thalassothamniden *(Thalassothamnus, Cytocladus)* und die von HAECKEL zu den Tripyleen gestellte Familie der Orosphäriden anzuschließen sein.

Was nun ferner die koloniebildenden Formen (Polyzoen, Polycyttarien, HAECKEL, 1862, S. 116; Sphärozoiden, R. HERTWIG, 1879, S. 29; Sphärozoeen, BRANDT, 1885) anbelangt, so werden wir sie zur Zeit wohl am besten, nach dem Vorgang von BRANDT und im Gegensatz zu HAECKEL, als eine einheitliche, gegen die Collodaria s. str., aber auch gegen das Gros der Spumellarien abgeschlossene Gruppe betrachten. Die Gründe, welche BRANDT (1885, S. 270; 1902, S. 85) zu Gunsten dieser Auffassung angeführt hat, insbesondere sein Hinweis auf den vielkernigen Charakter der koloniebildenden Formen, können auch heute noch als stichhaltig betrachtet werden. Angesichts unserer unvollständigen Kenntnisse von den Kernverhältnissen der Spumellarien ist es freilich nicht ausgeschlossen, daß sich späterhin die Notwendigkeit einer systematischen Umstellung herausstellen wird. Vorläufig möchte ich indessen, wie gesagt, mit BRANDT eine engere Zusammengehörigkeit aller koloniebildenden Formen annehmen und sie als eine specialisierte, aber gegenüber den Collodarien weniger hochentwickelte

Gruppe (Brandt, 1902, S. 87) betrachten. Ich schlage für sie die alte Haeckel'sche Bezeichnung **Polycyttaria** (κυτταρίον, Diminutiv von κύτταρος, Kapsel) vor.

Danach ergiebt sich folgende Einteilung:

Ordnung: Spumellaria.
1. Unterordnung: **Sphaerellaria.**
2. Unterordnung: **Polycyttaria.**
   1. Familie: Sphaerozoidae.
   2. Familie: Collosphaeridae.
3. Unterordnung: **Collodaria** (s. str.) **[Collida].**
   1. Familie: Physematidae.
   2. Familie: Thalassicollidae.
   3. Familie: Thalassophysidae.
   4. Familie: Thalassothamnidae.
   5. Familie: Orosphaeridae.

Welche von den hier aufgezählten Gruppen sind nun in den größeren Meerestiefen, speciell in den skoto- und nyktoplanktonischen Schichten vertreten und fallen daher in den Rahmen dieser Arbeit?

Was zunächst die Sphärellarien anbelangt, so hat das Schließnetzmaterial der „Valdivia" eine ganze Anzahl von Formen geliefert, welche, nach dem Erhaltungszustand des Weichkörpers zu schließen, als regelmäßige Bewohner der größeren Tiefen zu betrachten sind. Dieselben sollen, zusammen mit einigen tiefenlebenden Nassellarien, im dritten Kapitel dieser Arbeit beschrieben werden.

Unter den Polycyttarien sind die Collozoen und Sphärozoen sicher phaoplanktonisch (vergl. Lo Bianco, 1903, S. 223). Auch die Collosphären scheinen nach den Angaben von Brandt (1885) und Haeckel (1887) mindestens sehr häufig in den Oberflächenschichten vorzukommen, so daß auch sie zu den phaoplanktonischen Formen gerechnet werden dürfen.

Unter den Collodarien sind wenigstens die Thalassicollen und Thalassophysen ebenfalls als phaoplanktonische Formen (d. h. als Bewohner der Oberflächenschichten von 0 bis 30 oder 50 m) zu bezeichnen (vergl. Lo Bianco, 1903, S. 223). Nicht ganz sicher ist die Vertikalverbreitung der skelettführenden Collodarien aus den 3 Familien der Physematiden, Thalassicolliden und Thalassophysiden, also derjenigen Formen, welche von Haeckel in der Familie der Thalassosphäriden zusammengefaßt worden waren. Haeckel selbst giebt für die meisten der hierher gehörigen Formen ein oberflächliches Vorkommen an, aber aus den wiederholt angedeuteten Gründen sind die Tiefenangaben im Challenger-Report nicht so genau, wie die der späteren Expeditionen, und es ist daher schwer zu entscheiden, inwieweit die betreffenden Notizen für unsere Frage herangezogen werden können. Auch aus den Mitteilungen von Brandt (1902, S. 64 ff.) lassen sich keine sicheren Anhaltspunkte gewinnen, und ebenso versagt in dieser Richtung das „Valdivia"-Material, da sich die Thalassoxanthien und verwandte Formen stets nur in offenen Vertikalnetzzügen vorfanden. Ich möchte es als wahrscheinlich betrachten, daß, je nach der Stärke der Skelettteile, die einzelnen Formen verschiedene Meerestiefen bewohnen, daß

sie aber nicht zu den eigentlichen Tiefenbewohnern zu zählen sind, wie denn auch HAECKEL die von ihm beschriebenen Arten fast sämtlich als Oberflächenformen bezeichnet.

Anders steht es mit den beiden anderen Familien der Collodarien, mit den Thalassothamniden und Orosphäriden. Für die letzteren wird durch einige Schließnetzfänge direkt bewiesen, daß sie thatsächlich zur skoto- und nyktoplanktonischen Fauna gehören; für die Thalassothamniden fehlen allerdings ganz bestimmte Angaben, und eine Form, *Cytocladus spinosus*, ist von DOFLEIN, eine andere, *Cytocladus* sp., von der „Valdivia" sogar oberhalb 200 m gefunden worden, aber die starke Ausbildung des Skelettes vieler hierher gehörigen Formen und ihre bedeutende Größe dürfte darauf hinweisen, daß mindestens ein Teil von ihnen bis in tiefere Schichten herabsteigt, wie denn auch bisher keine der hierher gehörigen Formen mit Bestimmtheit in den eigentlichen Oberflächenschichten gefunden wurde.

Im ganzen würden also unter den Spumellarien für die vorliegende Arbeit, abgesehen von den im dritten Kapitel zu besprechenden Sphärellarien, in erster Linie die Thalassothamniden und Orosphäriden als Begleiter der tiefenlebenden Tripyleen in Betracht kommen.

4. Familie. Thalassothamnidae n. fam.

Thalassothamnidae V. HAECKER, 1906 c, S. 879.

Collodarien mit einem einzigen Riesen-Doppelspikulum.

In der neuen Familie der Thalassothamniden fasse ich eine Anzahl von teilweise sehr großen Radiolarien zusammen, deren Skelett als eine Specialisierung des Collodarienskelettes erscheint und welche sich auch hinsichtlich des Baues des Kernes und der Centralkapsel, insbesondere auch in Bezug auf die Beschaffenheit der Konkretionen und der Kernmembran, aufs engste an die skelettführenden Collodarien, namentlich an die Gattung *Thalassoxanthium* anschließen.

Alle hierher gehörigen Arten sind von kugeliger oder ellipsoidischer Form und von bedeutender Größe. Der Durchmesser der kleinsten Formen beträgt 6—8, der der größten 12 bis 14 mm. Letztere lassen also, was die Masse des eigentlichen Weichkörpers anbelangt, alle anderen bekannten Radiolarien hinter sich zurück. Nur die größten vielkapseligen Exemplare von *Aulospathis variabilis aulodendroides* (Taf. IX, Fig. 89) kommen mit einem Maximaldurchmesser von etwa 8 mm im nicht kontrahierten Zustand den kleineren Exemplaren von *Thalassothamnus* und *Cytocladus* gleich. Was die Gesamtgröße einschließlich des ganzen Schwebeapparates anbelangt, so weisen allerdings einige Tuscaroriden (*Tuscarora Luciae*, Taf. XXVII, Fig. 207) und Cölodendriden wesentlich größere Maße auf.

Gehen wir über zur vergleichenden Betrachtung der Skelettbildungen, so bereitet es keine Schwierigkeiten, das Skelett von *Thalassothamnus* und *Cytocladus* von den bekannten Doppelspikulis von *Thalassoxanthium* und *Sphaerozoum* abzuleiten. Schon bei *Thalassoxanthium* finden sich nicht selten beträchtliche Größenunterschiede zwischen den einzelnen Spikulis. So fand ich z. B. bei einer Form (*Thalassoxanthium mixtum* n. sp.), welche in T.-St. 120 gefischt wurde und in die Nähe von *Th. ovodimare* HAECKEL (Rep., p. 34) zu stellen ist, nebeneinander Spikula, deren Einzelstrahlen zwischen wenigen Hunderstelmillimetern und 0,5—0,6 mm schwankten (Textfig. 51). Man könnte die Ansicht vertreten, daß etwa die kleinen Spikula die Rolle von Fremdkörpern

spielen, wie man ja auch bei Tripyleen nicht selten innerhalb des Weichkörpers fremde Skelettelemente antrifft. Indessen zeigt die Abbildung, daß zwischen den kleinsten und größten Typen alle Uebergänge existieren, so daß an ihrem homogenen Ursprung nicht gezweifelt werden kann. Diesen Vorkommnissen reiht sich sodann das von HAECKEL (Rep., p. 43, Taf. IV, Fig. 3) beschriebene *Sphaerozoum alveolatum* an, bei welchem jede einzelne Centralkapsel von einem sehr großen und einer Anzahl sehr viel kleinerer Spikula umlagert ist. Hier ist also schon eine extreme Differenzierung eines einzelnen Spikulums eingetreten, und es ist eigentlich nur noch ein Schritt bis zu denjenigen Formen der neuen Gattung *Thalassothamnus*, bei welchen sich das ganze Skelett

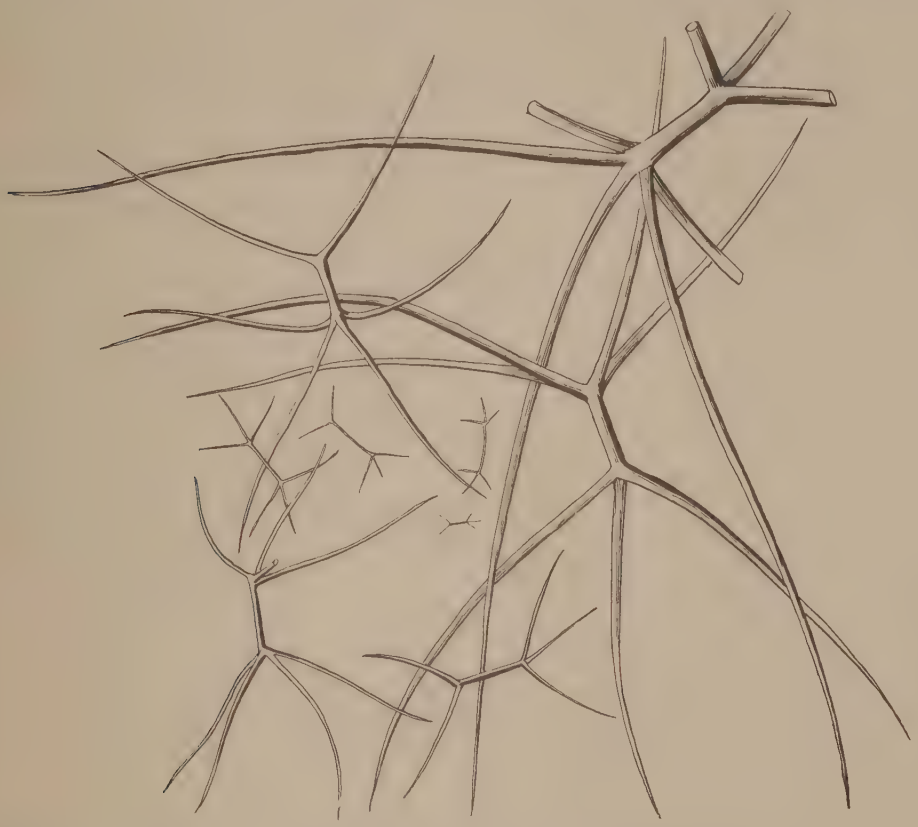


Fig. 51. Doppelspikula von sehr verschiedener Größe von *Thalassoxanthium mixtum* n. sp. T.-St. 120.

in Gestalt eines mächtigen Riesen-Doppelspikulums darstellt. Besonders klar tritt dieser Charakter des Skelettes bei *Thalassothamnus tenerrimus* (Textfig. 53) und bei einigen Exemplaren von *Th. ramosus* (Textfig. 54) zu Tage, während bei anderen Exemplaren der letzteren Art (Textfig. 55), sowie bei *Th. genista* (Textfig. 56) die langen Radialstacheln, unter Verkürzung des kurzen Achsenstabes des Doppelspikulums, aus der dicentrischen in die monocentrische Anordnung übergegangen sind.

Ein besonderes Interesse gewährt der in der Antarktis gefundene *Th. spermatophorus* (Textfig. 57), insofern bei ihm neben dem großen Riesen-Doppelspikulum eine Anzahl teils freier, teils mit dem Hauptskelett verschmolzener Nebenspikula auftreten. Dieselben besitzen einen kuge-

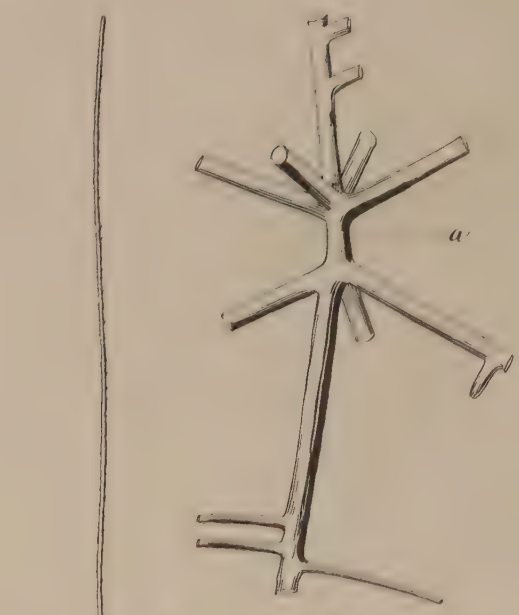


Fig. 54.

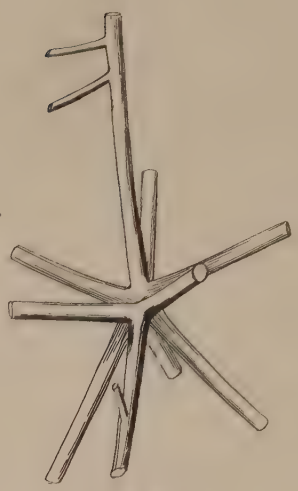


Fig. 55.

Fig. 52.

Fig. 53.

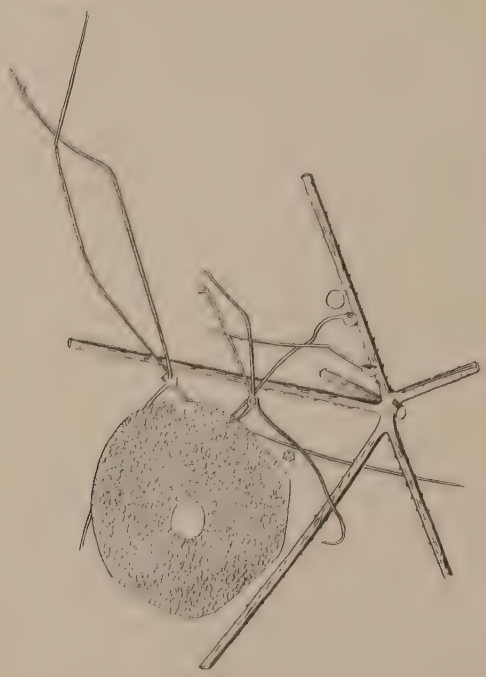


Fig. 57.

Fig. 56.

Fig. 52. Doppelspikulum von *Thalassothamnus tenerrimus* n. sp. T.-St. 39.

Fig. 53. Centrale Partie des Doppelspikulums von *Thalassothamnus tenerrimus* n. sp. T.-St. 39.

Fig. 54—55. Centrale Partien der Doppelspikula zweier Exemplare von *Thalassothamnus ramosus* n. sp. T.-St. 135. In Fig. 54 ist der Achsenbalken *(a)* stark entwickelt, in Fig. 55 reduziert.

Fig. 56. Doppelspikulum von *Thalassothamnus genista* n. sp. T.-St. 190.

Fig. 57. Doppelspikulum, Nebenspikula und Centralkapsel von *Thalassothamnus spermatophorus* n. sp. T.-St. 135.

ligen Centralteil und 1—4 stachelförmige Anhänge und machen infolge der Unregelmäßigkeit ihrer Form den Eindruck von rudimentären Gebilden. Man darf daher vielleicht *Th. spermatophorus,* was den Differenzierungsgrad des Skelettes anbelangt, in eine Linie mit dem oben erwähnten *Sphaerozoum alveolatum* bringen.

Noch mehr als in der Gattung *Thalassothamnus* ist bei *Cytocladus* (Taf. LXXV, Fig. 539) die ursprüngliche Form des Doppelspikulums verwischt, insofern der Achsenstab meist vollkommen zurückgebildet ist und die Knotenpunkte der beiden Stachelkränze dicht aufeinander gerückt erscheinen. Schon Schröder hat erkannt, daß die Radialstacheln in zwei Gruppen geordnet sind, und er fügt hinzu, daß zwei der Stacheln eine Art Längsachse bilden und um jeden dieser beiden Stacheln je 5 der übrigen Radialstacheln kranzförmig angeordnet sind. Soviel ich sehe, trifft diese Beschreibung für alle mir vorliegenden Formen von *Cytocladus,* so weit sie mit 12 Radialstacheln ausgestattet sind, zu, nur möchte ich, wie gesagt, die ganze Anordnung in der Weise deuten, daß es sich um ein umgebildetes Doppelspikulum mit reduziertem Achsenstab handelt. Speciell bei *Cytocladus tricladus* und *gracillimus* kann man deutlich eine ringförmige Einschnürung zwischen den beiden Knoten erkennen.

Alles in allem möchte ich es also als feststehend betrachten, daß die Skelettbildungen der Thalassothamniden den Doppelspikulis von *Thalassoxanthium* und *Sphaerozoum* morphologisch gleichwertig sind und ihnen gegenüber eine höhere Differenzierungsstufe darstellen. In physiologischer Hinsicht ist allerdings, und dies scheint mir von besonderem Interesse zu sein, ein Funktionswechsel eingetreten. Während nämlich die kleine Doppelspikula von *Thalassoxanthium* und *Sphaerozoum* im Innern des Weichkörpers gelagert sind und also funktionell beispielsweise mit den inneren Ankerfädchen von *Cannosphaera* (S. 127) oder mit den intermediären Stützelementen der Spongien zu vergleichen sind, d. h. als innere Druckfänger oder Druckverteiler dienen, bildet das Skelett von *Thalassothamnus* und *Cytocladus* ein einheitliches Stützgerüst, dessen äußerste, annähernd auf einer kugeligen oder ellipsoidischen Fläche gelegene Spitzen auch hier die Aufgabe haben, das Oberflächenhäutchen („extrakalymmales Sarkodehäutchen") abzustützen und ausgespannt zu halten. Schon Schröder (1906, S. 590) hat nämlich die Ansicht ausgesprochen, daß speciell bei *Cytocladus spinosus* die Gallerte das gesamte Skelett einschließt, so daß höchstens die Spitzen der Stacheln hervorragen, und ich selbst kann diese Angabe im Hinblick auf ein besonders gut konserviertes Exemplar dahin ergänzen, daß mindestens in bestimmten physiologischen Zuständen auch die Spitzen der Stacheln von der Gallerte eingeschlossen und in der vorhin erwähnten Weise von dem Oberflächenhäutchen überdacht bleiben. Das Skelett der Thalassothamniden zeigt demnach auch funktionell eine weitgehende Konvergenz mit demjenigen der Cölodendriden, und es ist hier insbesondere auf die überraschende Uebereinstimmung hinzuweisen, welche die dreiästigen Hauptseitendendriten von *Coelechinus wapiticornis* (Taf. LXX, Fig. 518) mit der Verzweigungsweise von *Cytocladus tricladus* (Textfig. 63 b) zeigen.

Der extrakapsuläre Weichkörper setzt sich, wenigstens bei *Cytocladus,* aus einer dünnen extrakapsulären Plasmalage, aus der von einem Netzwerk feinster Plasmafädchen durchzogenen Gallerthülle (Calymma) und einem äußersten, stärker färbbaren Häutchen, dem extrakalymmalen Sarkodehäutchen, zusammen. Schröder (1906 b, S. 590) fand bei *Cytocladus spinosus* innerhalb der extrakapsulären Plasmaschicht „zahlreiche, im ungefärbten Objekt gelbbraun gefärbte, teils kugelige, teils kommaförmige Körnchen, die der Centralkapselmembran meist dicht anliegen und

der ganzen Centralkapsel ein bräunliches Aussehen verleihen". Auch in der Gallerthülle wurden vereinzelt diese Körnchen angetroffen. Bei einem mir vorliegenden, ziemlich vollständig erhaltenen Exemplar von *C. gracilis* konnte ich diese Gebilde nicht wiederfinden, dagegen ließen sich innerhalb des Calymmas vereinzelte Kieselgehäuse von Diatomeen und Mikroradiolarien feststellen. Ueber den extrakapsulären Weichkörper von *Thalassothamnus* vermag ich keine Angaben zu machen.

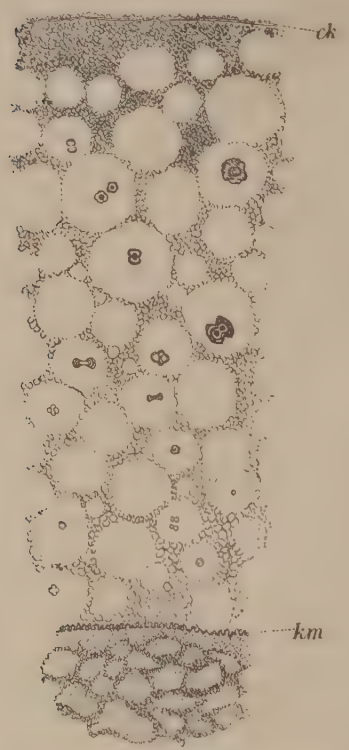


Fig. 58. Teil eines Durchschnittes durch die Centralkapsel von *Thalassoxanthium octoceras* HAECKEL. *ck* Centralkapselmembran, *km* Kernmembran.

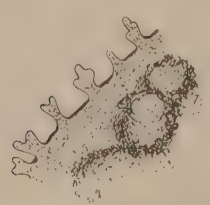


Fig. 58a. Kernmembran von *Thalassoxanthium octoceras*.

Von besonderem Interesse ist der Bau der Centralkapsel und des Kernes der Thalassothamniden, weil sich aus der Betrachtung ihrer histologischen Verhältnisse mit noch größerer Sicherheit, als aus der Untersuchung des Skelettes, die Zugehörigkeit der Thalassothamniden zu den Collodarien sens. strict. ergiebt.

Um diese Beziehungen klarzulegen, muß zunächst in kurzem auf die bisher bekannten skelettführenden Collodarien (Beloideen HAECKEL's) zurückgegriffen werden, und zwar seien zunächst einige Worte über die Centralkapsel einer Collodarie vorausgeschickt, welche ich im Hinblick auf das Fehlen der extrakapsulären Alveolen und nach der Beschaffenheit der Spikula als *Thalassoxanthium octoceras* HAECKEL (Rep., p. 34) bestimmt habe. Ihr Fundort war T.-St. 66 (Golf von Guinea), als Farbe der Centralkapsel war auf der Etikette „orangerot" angegeben.

Der Durchmesser der Centralkapsel (Textfig. 58) beträgt 0,85, derjenige des Kernes 0,3 mm Die Centralkapselmembran (*ck*) ist außerordentlich dünn und auf ihrer Oberfläche mit sehr kleinen Vorsprüngen versehen, welche sich auf dem Durchschnitt als Stäbchen oder Leisten darstellen. Die sehr kleinen (höchstens 0,03 mm großen) Alveolen der Intrasarkode sind sehr dicht gedrängt und ziemlich gleichmäßig in dem Raum zwischen Centralkapsel- und Kernmembran verteilt. „Große" Alveolen, von mehr als 0,1 mm Durchmesser, wie sie bei zahlreichen anderen Collodarien konstant in der intrakapsulären Sarkode vorkommen, finden sich nicht. Innerhalb der Alveolen liegen die bekannten geschichteten Konkretionen, welche schon von A. SCHNEIDER, HAECKEL und R. HERTWIG für *Thalassicolla* beschrieben worden sind, und zwar kommen bei der vorliegenden Species hauptsächlich kugelige und biskuit- und hantelförmige Typen vor. Seltener sind mehrlappige. Die Kernmembran (Textfig. 58 *ck*, 58a) weist dünnwandige, mehrfach gelappte, zottenförmige Ausstülpungen auf, das (offenber ungenügend konservierte) Kernplasma besitzt eine grob spongiöse Struktur mit grobschaumigem Maschenwerk und feinwabigen Alveolen.

Mit den hier vorgeführten Verhältnissen, welche ihrerseits mit der von HAECKEL und R. HERTWIG für *Thalassicolla* gegebenen Beschreibung im guten Einklang stehen, stimmt nun in allen wesentlichen Punkten die Centralkapselstruktur von *Thalassothamnus* und *Cytocladus* überein, so

daß schon aus diesen Gründen an der nahen Verwandtschaft aller dieser Formen nicht gezweifelt werden kann.

Bei einem genauer untersuchten Exemplar von *Thalassothamnus genista* (Taf. LXXVII, Fig. 543) besitzt die Centralkapsel einen Durchmesser von 0,8, der Kern einen solchen von 0,15 mm. Die Centralkapselwandung stellt sich hier als eine einfache Membran dar. In der intrakapsulären Sarkode sind die höchstens 0,03—0,05 mm großen Alveolen weniger dicht gedrängt, als bei *Thalassoxanthium*, und die von ihnen eingeschlossenen, geschichteten Konkretionen sind größtenteils stäbchenförmig in die Länge gezogen und in ihrer Mitte meist von einem Kranz von gelblichen Körnchen umgeben (Taf. LXXVII, Fig. 544). Die peripheren Teile der intrakapsulären Sarkode enthalten zahlreiche, halbmondförmige, dunkler tingierte Verdichtungen, deren konvexe Seite nach dem Innern der Centralkapsel gerichtet ist (Fig. 543 a); etwas weiter innen folgen dann kugelige Ballen von der nämlichen Beschaffenheit, die ich wegen ihres deutlich alveolisierten Baues früher (1906 c, p. 884) als „schaumige Ballen" beschrieben habe (Fig. 543 b). Die größeren von diesen Ballen schließen eine Alveole ein, welche ihrerseits sehr häufig eine der vorhin erwähnten stäbchenförmigen Konkretionen enthält. Nicht selten (Fig. 543 c) ist die Alveole exzentrisch gelagert, derart, daß sie auf dem Schnitt von einem unregelmäßigen Ring oder einem Halbmond umgeben erscheint („schaumige Ringe"). Man kann wohl die Bilder nur so deuten, daß in den peripherischen Schichten der Centralkapsel Verdichtungen der Sarkode entstehen, welche allmählich in centripetaler Richtung weitergeschoben werden und in ihrem Innern eine immer größer werdende Vakuole entwickeln. Innerhalb dieser Vakuole kann dann eine Konkretion zur Abscheidung kommen.

Die Kernmembran ist, wie diejenige von *Thalassoxanthium*, von zahlreichen kleinen Zotten bedeckt, welche jedoch auf dem von mir untersuchten Stadium nicht als dünnhäutige, von heller Sarkode erfüllte Ausstülpungen der Kernmembran erscheinen, sondern als homogene dunkel gefärbte Zäpfchen, welche der stark verdickten Membran aufsitzen. Aus den gleich zu beschreibenden Beobachtungen bei *Cytocladus* geht hervor, daß die Strukturverhältnisse bei *Thalassothamnus* (Fig. 543) gegenüber den bei *Thalassoxanthium* vorgefundenen (Textfig. 58 a) ein etwas älteres Stadium darstellen. Das Kernplasma war bei den untersuchten Exemplaren von *Thalassothamnus* schlecht erhalten: an der Kernperipherie waren einige scheibenförmige Gebilde zu erkennen, welche innerhalb einer alveolisierten Grundsubstanz dunkel tingierte Ballen und Stränge erkennen lassen und den „Chromosomenbläschen" von *Oroscena* (s. unten) entsprechen.

Nach dem Gesagten kann kein Zweifel darüber bestehen, daß *Thalassothamnus* in die nächste Nachbarschaft von *Thalassoxanthium* und anderen skelettführenden Collodarien gehört, und das gleiche gilt für die Gattung *Cytocladus*. Der Beschreibung, welche O. Schröder (1906, 1906 a, 1906 b) von der intrakapsulären Sarkode von *Cytocladus* gegeben hat, soll nur so viel hinzugefügt werden, daß bei jüngeren Exemplaren von *Cytocladus* ebenfalls „schaumige Ballen" auftreten, welche von einer oder von mehreren Vakuolen durchsetzt sein können (Taf. LXXVII, Fig. 546 *b*), und daß außer den homogen erscheinenden, von Schröder als Konkretionen beschriebenen Körnchen auch größere, geschichtete Konkretionen auftreten, welche durchaus an die einfacheren Vorkommnisse bei *Thalassicolla* u. a. erinnern (Taf. LXXVII, Fig. 545, 547 *c*). Was dann die beiden von Schröder (1906 a, S. 217, Taf. XII, Fig. 6 und 7, und 1906 b, S. 589) beschriebenen Modifikationen der Kernmembran anbelangt, so stellen sie sich als ver-

schiedene Entwickelungszustände dar: in jüngeren Centralkapseln (Fig. 546) erscheinen die Zotten der Kernmembran als dünnhäutige Ausbuchtungen, in welche das feinkörnige Kernplasma eindringt, in älteren (Fig. 547) dagegen haben die Zotten mehr die Gestalt massiver Zäpfchen, welche einfache Erhebungen der stark verdickten Kernmembran darstellen. Die Umwandlung des jüngeren Zustandes in den älteren erfolgt wohl in der Weise, daß das Protoplasma im Innern der Ausstülpungen und die peripheren Schichten des Kernplasmas zu gleicher Zeit eine Art von Cuticularisierung erfahren. Im übrigen zeigte das Kernplasma einer jüngeren Centralkapsel auf einem FLEMMING-Präparat (Taf. LXXVII, Fig. 546) eine feinwabige Struktur und in den centralen Partien des Kernes flockige Verdichtungen. „Chromosomenbläschen", fädige Chromosomenanlagen und Nukleolen waren auf diesem jüngeren Stadium nicht zu sehen. Eine ältere, mit Sublimat konservierte Centralkapsel (Taf. LXXVII, Fig. 547) ließ unterhalb der Kernmembran die von SCHRÖDER beschriebenen „linsenförmigen dunkel gefärbten Partien" erkennen, „in denen die mit Hämatoxylin stark färbbaren Brocken liegen" (Fig. 547 *chr*). Es handelt sich hier zweifellos um Strukturen, welche den „Chromosomenbläschen" von *Oroscena* (s. unten) homolog sind. Außerdem waren im ganzen Kernplasma flockige Verdichtungen verteilt, welche an einzelnen Stellen eine deutliche Fadenstruktur aufwiesen. Diese offenbar mit den „Einzelknäueln" von *Oroscena* übereinstimmenden Strukturverhältnisse sind von SCHRÖDER an einem (mit Sublimat-Essigsäure konservierten) Exemplar von *Cytocladus spinosus* deutlicher erkannt worden (1906a, S. 589), während mein Material in dieser Hinsicht versagte. Zwischen den flockigen Anhäufungen und ebenso dicht unter der Kernmembran fanden sich rundliche nukleolenartige Körper *(n.)*.

Die Uebereinstimmungen, welche *Cytocladus* hinsichtlich der Struktur von Centralkapsel und Kern mit *Thalassothamnus* und weiterhin mit *Thalassoxanthium* zeigt, sind ein endgültiger Beweis dafür, daß auch diese Gattung in die Abteilung der Collodarien gehört.

Bezüglich der Fortpflanzungsverhältnisse der Thalassothamniden liegen noch keine Beobachtungen vor. Der ganze Bau des Kernes und die zunehmende Verdickung der Kernmembran, wie sie bei verschiedenen Exemplaren von *Cytocladus* zur Ansicht gekommen ist, legen die Vermutung nahe, daß die Vermehrungsvorgänge in ähnlicher Art sich abspielen, wie bei *Oroscena*.

Aus den bisher vorliegenden Daten über die Horizontalverbreitung läßt sich entnehmen, daß sowohl in den tropischen wie in den kalten Meeresgebieten hierher gehörige Formen vorkommen. Einige Formen, wie z. B. *Cytocladus tricladus,* scheinen eine ziemlich lokalisierte Verbreitung zu haben, während andere, wie *Thalassothamnus genista,* auf mehrere Oceane verteilt sind. Bezüglich der Vertikalverbreitung sei auf das oben (S. 394) Gesagte verwiesen.

Systematik. Die Familie der Thalassothamniden umfaßt 2 Gattungen, welche sich in folgender Weise bestimmen lassen:

Knotenpunkte des Doppelspikulums meist getrennt. Centralkapsel kugelig oder durch die basalen Teile der Radialstacheln tief eingebuchtet . . . ***Thalassothamnus*** n. gen.

Knotenpunkte des Doppelspikulums mehr oder weniger verschmolzen. Centralkapsel baumförmig verzweigt . . . . . ***Cytocladus*** SCHRÖDER.

1. Gattung. *Thalassothamnus* n. gen.

Große Collodarien mit einem einzigen Riesen-Doppelspikulum. Knotenpunkt des Doppelspikulums meist durch einen wohlentwickelten Achsenstab getrennt (Textfig. 53, 54), seltener nahezu verschmolzen (Textfig. 55, 56). Centralkapsel kugelig (Textfig. 57; Taf. LXXIII, Fig. 537) oder durch die basalen Teile der Radialstacheln tief eingebuchtet (Taf. LXXIV, Fig. 538).

Thalassothamnus tenerrimus n. sp.

Textfig. 52, 53.

Thalassothamnus tenerrimus V. Haecker, 1906 c, S. 879, Fig. 2.

Skelett besteht aus einem Doppelspikulum mit einem kurzen, 0,05 mm langen und 0,02 mm breiten Achsenstab und jederseits mit 6, etwas über 4 mm langen und 0,02 mm breiten, geraden, gleichmäßig cylindrischen, unverzweigten Radialstacheln. Dieselben sind in ihren centralen Partien gleichmäßig und ziemlich dicht mit kurzen Dornen, nach außen zu mit längeren, distalwärts umgebogenen Dornen (ähnlich den Radialstacheln von *Aulacantha spinosa*) besetzt. Die Spitzen der Radialstacheln waren sämtlich abgebrochen.

Weichkörper nicht erhalten.

Durchmesser mindestens 8 mm.

Fundort: T.-St. 39 (Guineastrom, V.).

Thalassothamnus genista n. sp.

Textfig. 56; Taf. LXXIII, Fig. 537; Taf. LXXVII, Fig. 543.

Thalassothamnus genista V. Haecker, 1906 c, S. 881, Fig. 4.

Skelett nahezu monocentrisch (mit zurückgebildetem Achsenstab), mit 10—13 5—6 mm langen, geraden, allmählich sich zuspitzenden (im distalen Abschnitt zuweilen leicht keulenförmig aufgetriebenen), bedornten, mit unverzweigten, bedornten Seitenzweigen versehenen Radialstacheln. Die Dornen sind im centralen Abschnitt kurz, gerade abstehend, im distalen etwas länger und nach außen gerichtet. Die Seitenäste sind unter einem Winkel von 30—45° inseriert und meist nach außen gerichtet, sie sind unregelmäßig auf die Radialstacheln verteilt und von sehr ungleicher Länge, so daß das ganze Skelett ein gestrüppartiges, an manche Ginster- oder Schlehenformen erinnerndes Aussehen bekommt.

Centralkapsel annähernd kugelig, im Durchmesser 1,2 mm (über ihren feinen Bau vergl. S. 399 und Taf. LXXVII, Fig. 543).

Durchmesser: 10—12 mm.

Fundorte: St. 50 (Südäquatorialstrom, V.), 59 (Guineastrom, V.), 115 (Benguelastrom, V.), 190 (Binnenmeer von West-Sumatra, V.), 217, 278 (nördlicher Indik, V.).

Verbreitung: Anscheinend vorwiegend in wärmeren Meeresgebieten.

Thalassothamnus ramosus n. sp.

Textfig. 54, 55; Taf. LXXIV, Fig. 538.

Thalassothamnus ramosus V. HAECKER, 1906 c, S. 880, Fig. 3,a—c.

Skelett bald nahezu monocentrisch (Textfig. 55), bald ein ausgesprochenes Doppelspikulum darstellend (Textfig. 54). 10—12 schwach bedornte, mit sehr unregelmäßigen, zum Teil verzweigten und kräftig bedornten Seitenästen versehene Radialstacheln. Die Radialstacheln zeigen eine ungleiche Differenzierung: die die Centralkapsel umfassenden sind länger (etwa 4 mm lang) und mit längeren, reichlicher verzweigten Seitenästen versehen, welch letztere ein gestrüppartiges, die Centralkapsel von allen Seiten umfassendes und einbuchtendes Traggerüst bilden; die Radialstacheln des anderen Poles sind kürzer (3,2 mm lang), weniger verzweigt und erinnern mit ihren, größtenteils unter rechtem Winkel abgehenden und nach außen an Größe gleichmäßig abnehmenden Seitenästen an die Radialstacheln der gleichbeheimateten *Aulospathis pinus*.

Centralkapsel 0,6—1,5 mm im Durchmesser, durch die Radialstacheln und deren Seitenäste tief eingebuchtet.

Durchmesser: 7—8 mm.

Fundorte: T.-St. 135, 139, 142 (Antarktis, V.).

Verbreitung: Offenbar antarktische Kaltwasserform.

Thalassothamnus spermatophorus n. sp.

Textfig. 57.

Thalassothamnus spermatophorus V. HAECKER, 1906 c, S. 881, Fig. 5.

Skelett aus einem 7—8 ästigen geraden, sehr fein und sehr dicht bedornten Hauptspikulum und einer Anzahl von Nebenspikulis bestehend, welch letztere aus einem kugeligen oder scheibenförmigen Centralteil und 1—4 stachelförmigen, unregelmäßig gekrümmten Anhängen bestehen und teils frei im Weichkörper liegen, teils mit ihrem Centralteil mit den Radialstacheln verschmolzen sind.

Centralkapsel kugelig, beim vorliegenden Exemplar 0,55 mm im Durchmesser.

Fundort: T.-St. 135 (Antarktis, V.).

2. Gattung. *Cytocladus* O. SCHRÖDER.

Große Collodarien mit einem einzigen Riesen-Doppelspikulum, dessen Knotenpunkte dicht aufeinander gerückt sind, so daß das Skelett im ganzen eine radiäre Anordnung zeigt. Centralkapsel baumförmig verzweigt.

Die hierher gehörigen Formen sind zum ersten Mal von den Zoologen an Bord der „Valdivia“ gesehen und vermutungsweise zu der Radiolarien gestellt worden. In Taf. LXXV, Fig. 540 ist die von Prof. CHUN nach einem frisch gefangenen Tier gezeichnete Skizze wiedergegeben. Selbstverständlich waren auch mir gleich beim ersten Sortieren des „Valdivia“-Materials

diese seltsamen Organismen aufgefallen. Obwohl nun ihre Aehnlichkeit mit *Thalassothamnus* ohne weiteres hervortrat und sich damit auch gleich der Verdacht erhob, es möchte sich um Collodarien handelen, so stellte ich sie doch zurück und wollte mit der Publikation warten, bis mir eine genauere Kenntnis aller in Betracht kommender Formengruppen es ermöglichte, etwas Bestimmtes über ihre systematische Stellung auszusagen.

Inzwischen hatte Olaw Schröder (1906), an der Hand dreier, von der deutschen Südpol-Expedition gefundener Exemplare, eine kurze Beschreibung veröffentlicht und gleichzeitig den Gattungsnamen *Cyctocladus* aufgestellt. Die Zugehörigkeit dieser Formen zu den Radiolarien hielt er damals noch für sehr unsicher, bald darauf (1906 b) stellte er aber, nach Untersuchung eines weiteren von Doflein in Japan gefischten Exemplars, die Zugehörigkeit der Cytocladiden zu den Radiolarien fest, ohne jedoch über ihre genauere Stellung eine Vermutung auszusprechen. Gleichzeitig war ich aber selbst, veranlaßt durch das Erscheinen der ersten Schröderschen Notiz, an eine eingehendere Untersuchung der Formen herangetreten und konnte ihre nahen Beziehungen zu *Thalassoxanthium* und zu den Orosphäriden nachweisen (1906 c).

Cytocladus gracilis O. Schröder.

Textfig. 59.

Cytocladus gracilis O. Schröder, 1906, Fig. 1; 1906 a, Taf. XI, Fig. 1.
Cytocladus gracilis V. Haecker, 1906 c, S. 879.

Skelett aus zwölf Radialstacheln bestehend, welche von zwei dicht nebeneinandergelegenen Knotenpunkten ausgehen und zwei oder drei Quirle von verzweigten Seitenästen tragen. Bei dem Schröderschen Originalexemplare sind zwei Quirle vorhanden: der proximale ist am Beginn des letzten Drittels des Radialstachels gelegen und besteht aus vier oder fünf, im allgemeinen dichotomisch verzweigten Hauptästen, der zweite Quirl besteht aus schwächeren, nur ein- bis zwei mal gegabelten Aesten, während der Radialstachel selber sich noch ein kurzes Stück über den zweiten Quirl fortsetzt und mit einer sich ein- oder zweimal gabelnden Spitze endet. Während das Skelett im ganzen glatt ist, sind die äußersten Endgabeln mit sehr feinen Zähnchen besetzt. Bei einem mir vorliegenden Exemplare (T.-St. 66) fand ich drei Astquirle (*C. g. trispathis*).

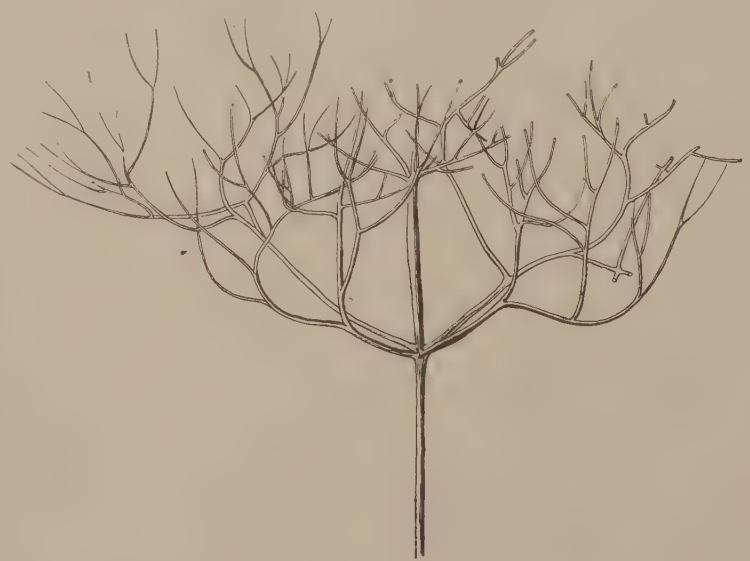


Fig. 59. Verästelung eines Radialstachels von *Cytocladus gracilis* O. Schr. T. St. 39.

Centralkapsel besteht aus dem scheibenförmigen, den Kern enthaltenden Centralteil und fünf, im allgemeinen dichotomisch sich teilenden Armen (vergl. hierzu noch O. SCHRÖDER, 1906a, p. 215).

Durchmesser: 7,5 bis 8 mm.

Fundorte: Tropischer und südlicher Atlantik (je 1 Exemplar; 0° 38′ N., V. 3000, bezw. 32° 5′ S., V. 500, SCHRÖDER); T.-St. 39 (Guineastrom, V.), 66 (Golf von Guinea, V., var. *trispathis*).

Verbreitung: *C. gracilis* ist bisher nur aus verschiedenen Teilen des Atlantik bekannt.

Fig. 60. Doppelspikulum von *Cytocladus gracillimus* n. sp. T.-St. 44.

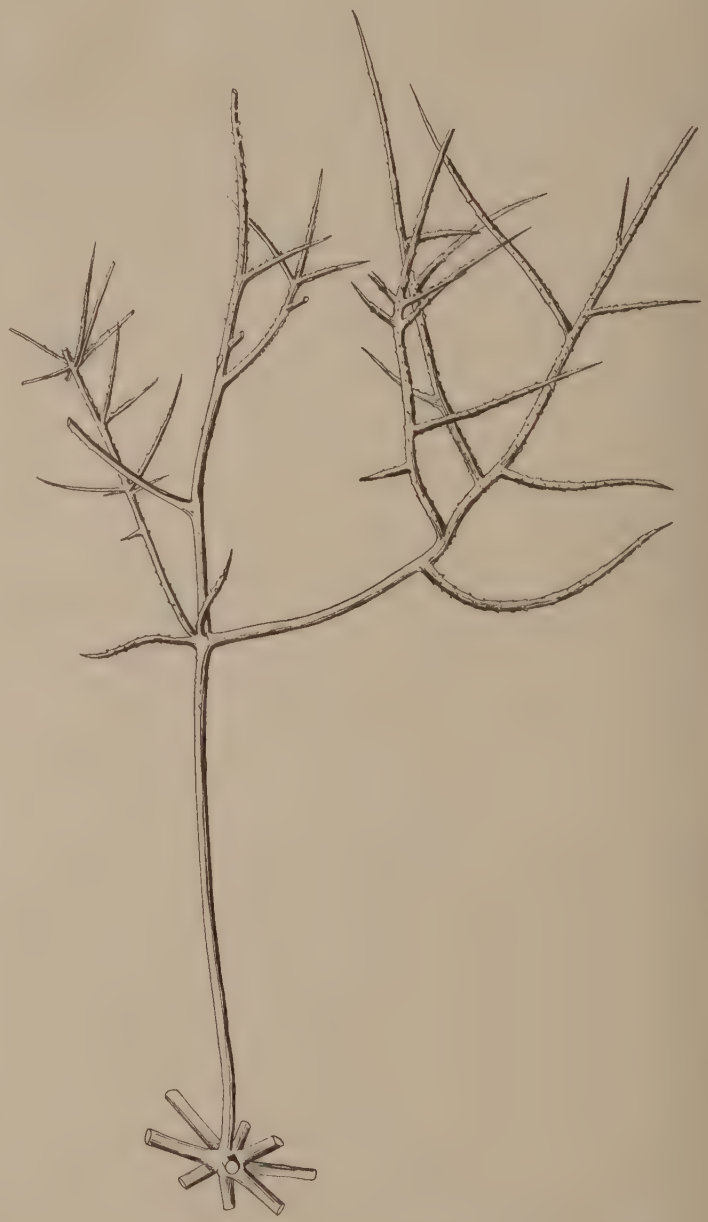


Fig. 61. Radialstachel von *Cytocladus spinosus* O. SCHR. var. *indicus*. T.St. 173.

Cytocladus gracillimus n. sp.

Textfig. 60.

Cytocladus gracillimus V. HAECKER, 1906c, S. 879, Fig. 1.

Skelett aus zehn bis zwölf Radialstacheln bestehend, welche von zwei deutlich getrennten Knotenpunkten ausgehen und zwischen dem mittleren und äußeren Drittel je einen ziemlich flachen Quirl von drei oder vier, einmal gegabelten Seitenästen tragen. Die über den Quirl hinausragende Spitze des Radialstachels und ebenso die Spitzen der Aeste sind fein bedornt.

Weichkörper nicht erhalten. Es ist daher nicht mit Sicherheit anzugeben, ob diese Form hierher oder zur Gattung *Thalassothamnus* gehört. Doch weist die Aehnlichkeit des Skelettes mit demjenigen von *Cytocladus gracilis* auf eine Zugehörigkeit zur Gattung *Cytocladus* hin.

Durchmesser: 6—6,6 mm.

Fundorte: T.-St. 44 (Guineastraße, V., kleineres Exemplar), 182 (ind. Südäquatorialstrom, V., größeres Exemplar).

Cytocladus spinosus SCHRÖDER.

Textfig. 61, 62.

Cytocladus spinosus SCHRÖDER, 1906a, S. 588, Fig. 1.

Skelettverzweigung nach SCHRÖDER einfacher als bei *Cytocladus gracilis* und *major*. Auch hier 12 Radialstacheln. Die ersten Seitenäste entspringen etwa in der Mitte der Radialstacheln und zwar gewöhnlich drei an einem Punkte, die äußeren mehr unregelmäßig. Alle Seitenäste sind säbelförmig nach außen gekrümmt und besitzen keine oder nur wenige Seitensprossen.

Centralkapsel in 12 Aeste ausgezogen.

Durchmesser: 8 mm.

Mit dem SCHRÖDER-schen *Cytocladus spinosus* ist durch Uebergänge eine Anzahl von tropisch-indischen Formen verbunden, welche alle untereinander und mit *Cytocladus spinosus* darin übereinstimmen, daß die ersten Aeste ungefähr in der Mitte der Radialstacheln abgehen und eine quirlförmige Anordnung (3—5 Aeste bilden den Quirl) aufweisen, während die übrigen Aeste mehr unregelmäßig auf

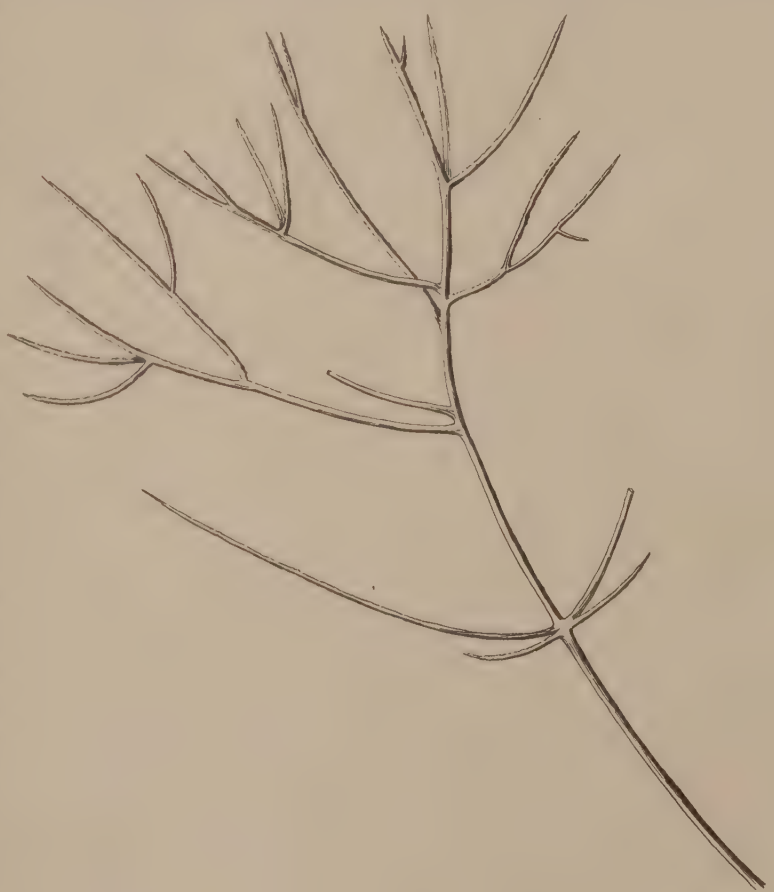


Fig. 62. Radialstachel von *Cytocladus spinosus* O. SCHR. T.-St. 214.

die äußere Hälfte des Radialstachels verteilt sind (Textfig. 62). Die extremen Formen (*Cytocladus spinosus indicus*, Textfig. 61) sind aber durch ihre bedeutende Größe (Durchmesser bis zu 15 mm!), durch die reichliche Verästelung namentlich der den Quirl bildenden Aeste (Textfig. 61) und zum Teil durch stärkere Bedornung ausgezeichnet.

Fundorte: Sagamibucht, Ostküste Japans (V. 200, DOFLEIN-SCHRÖDER); T.-St. 173 (südlicher Indik, V.), 215, 217, 231, 235, 237, 239 (nördlicher Indik, V., häufig; Exemplare von 7,6 bis 15 mm Durchmesser).

Verbreitung: Anscheinend auf den tropischen Indik und auf den Pacifik beschränkte, für die atlantischen Arten *Cytocladus gracilis* und *major* vikariierende Form.

Cytocladus major SCHRÖDER.

Cytocladus major SCHRÖDER, 1906, S. 450, Fig. 4; 1906a, Taf. XIII, Fig. 1.

Skelett aus zwölf Radialstacheln bestehend, welche von zwei dicht nebeneinander gelegenen Knotenpunkten entspringen und von der Mitte an mit successiv (nicht quirlartig) entspringenden Aesten versehen sind. Diese biegen unter mehr oder weniger spitzem Winkel nach außen ab und sind unregelmäßig dichotomisch verzweigt.

Centralkapsel wahrscheinlich in 5 Aeste ausgezogen.

Durchmesser: 14 mm.

Fundort: Atlantik westlich Capverden (V., 3000, SCHRÖDER). In dem mir vorliegenden Material befanden sich keine Formen, welche dem SCHRÖDER'schen *Cytocladus major* genau entsprechen, doch fanden sich sowohl von *C. gracilis* als von *C. spinosus* Exemplare, bei welchen sich einzelne Radialstacheln dem Typus von *C. major* nähern.

Cytocladus tricladus n. sp.

Textfig. 63; Taf. LXXV, Fig. 539.

Skelett aus zwölf Radialstacheln bestehend, welche von zwei dicht nebeneinander gelegenen, aber deutlich getrennten Knotenpunkten ausgehen und sich jenseits der Mitte des Weichkörperradius in drei dichotomisch verzweigte Hauptäste fortsetzen. Die 3 Hauptäste entspringen entweder gleichmäßig an einem Punkte (Textfig. 63a), oder es bilden zwei der Aeste eine Gabel und der dritte ist etwas außerhalb der letzteren inseriert (Textfig. 63b). Es liegen also ganz ähnliche Verhältnisse vor, wie bei *Coelechinus wapiticornis* (Taf. LXIV, Fig. 492). Die Zahl der dichotomischen Gabelungen der Hauptäste ist bei den einzelnen Exemplaren sehr verschieden: sie schwankt zwischen 2 und 6.

Centralkapsel bei keinem Exemplar vollständig erhalten.

Durchmesser 6—8 mm.

Fundorte: T.-St. 175 (indischer Südäquatorialstrom, V.), 215, 217, 221 (nördlicher Indik, V).

Verbreitung: Anscheinend auf den Indik beschränkte Form.

Cytocladus sp.

Taf. LXXV, Fig. 540.

In der Antarktis (T.-St. 139, P. 200) wurde, einer von Prof. Chun an Bord der „Valdivia“ angefertigten Skizze zufolge, eine ellipsoidische Form mit einem längsten Durchmesser von 1 cm gefischt, deren Weichkörper vollkommen erhalten war und deren Centralkapsel eine rosarote Färbung hatte. Der Skizze war die Bemerkung beigefügt: „Offenbar große Radiolarie mit verästelter Centralkapsel.“ In dem mir überwiesenen Material fand sich das betreffende Exemplar nicht wieder vor. Ich kann daher nicht bestimmen, ob es einer der oben beschriebenen

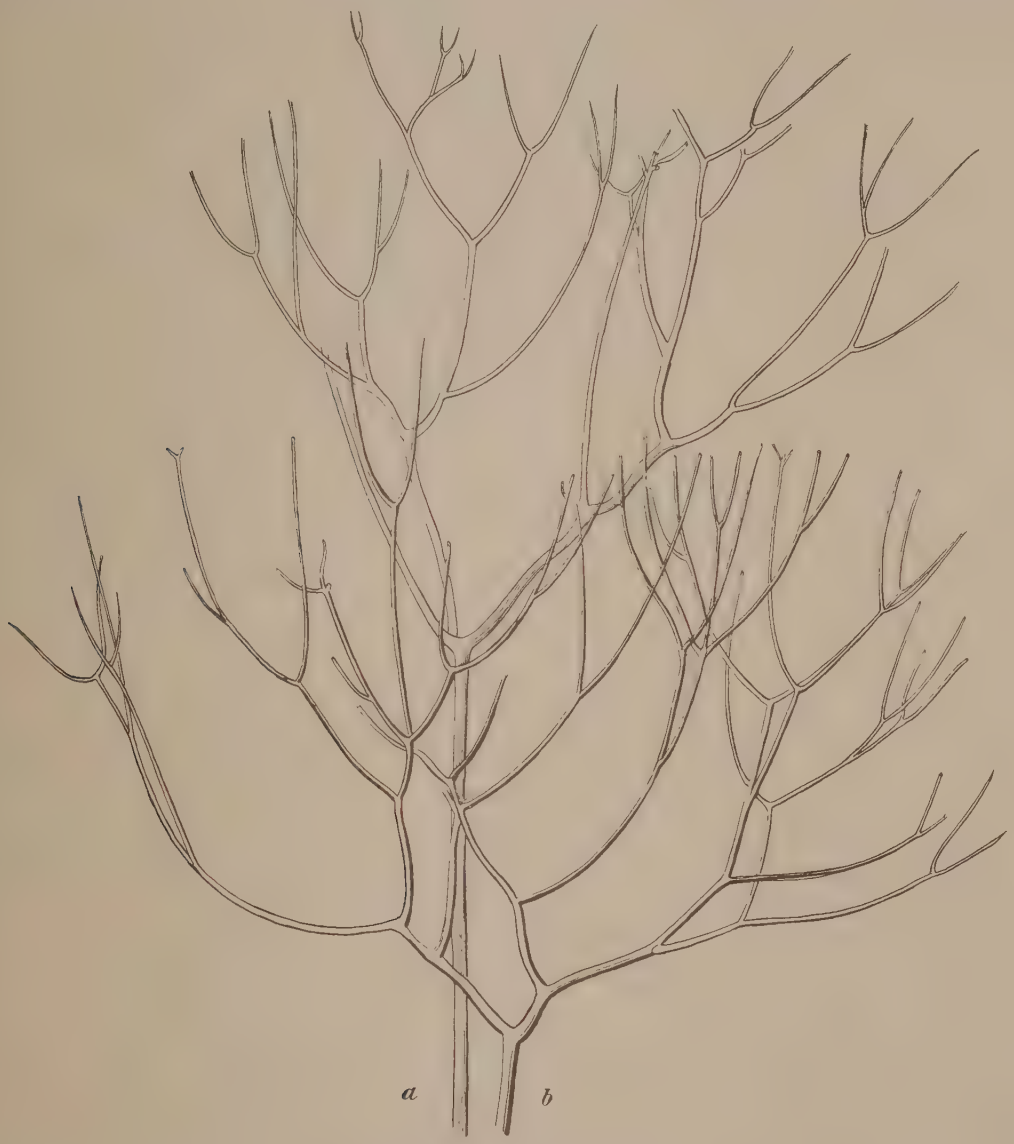


Fig. 63. Zwei Radialstacheln von *Cytocladus tricladus* n. sp. T.-St. 221.

Arten angehört. Von besonderem Interesse ist der Fund deshalb, weil es sich um das einzige bisher in eigentlich kalten Meeresgebieten beobachtete *Cytocladus*-Exemplar handelt.

5. Familie. Orosphaeridae HAECKEL.

Orosphaerida, HAECKEL, Rep., p. 1590.

Collodarien mit derber Gitterschale, auf welcher sich verzweigte und bedornte Radialstacheln erheben.

Die Orosphäriden waren von HAECKEL zuerst für Sphärellarien und zwar speciell für Sphaeroidea monosphaerida angesehen worden, und demgemäß findet sich im Report (Taf. XII) eine *Orosphaera* zwischen verschiedenen Sphäriden abgebildet. Später hat HAECKEL die Orosphäriden wegen ihrer beträchtlichen Größe und wegen gewisser Uebereinstimmungen in der feineren Struktur des Gitterwerkes zu den Tripyleen und zwar speciell zu den Phäosphärien, also neben die Sagosphäriden, Aulosphäriden und Cannosphäriden, gestellt. Er glaubte sogar an der Centralkapsel die charakteristischen Bestandteile der Tripyleen-Centralkapsel, eine Astropyle mit strahligem Operculum und mit Proboscis und zwei Parapylen angetroffen zu haben, doch liegt hier entschieden ein Irrtum vor. Es ist vielmehr zu sagen, daß die Centralkapsel der Orosphäriden durchaus die Merkmale der Collodarien-Centralkapsel zeigt und daß auch ihr Skelett enge Beziehungen zu den Skelettbildungen der Collodarien, insbesondere der Thalassothamniden, aufweist. So sah ich mich denn (1904) veranlaßt, die Orosphäriden aus dem Verband der Tripyleen auszuschalten und den Collodarien anzureihen.

Die Orosphäriden gehören, wie schon HAECKEL hervorhebt, zu den größten Radiolarien und das Gitterwerk ihrer Schale ist gröber und massiver als dasjenige von jeder anderen Radiolariengruppe. Bei den größten der mir vorliegenden Exemplare von *Oroscena regalis* erreicht die Gitterschale selber eine Höhe von 1,5 und eine Breite von 1,8 mm und, da der Weichkörper die ganzen Radialstacheln bis zu ihren Spitzen umfaßt, so besitzt der Gesamtkörper einen Durchmesser von 4—4,5 mm.

Die Gestalt der Gitterschale wird von HAECKEL als sphärisch oder polyedrisch angegeben, doch trifft für die überwiegende Zahl der mir vorliegenden Exemplare die von BORGERT (1901 a) für *Oroscena regalis* gegebene Beschreibung zu: „Schale annähernd kugelig oder deutlich ellipsoidisch, mit verkürzter Hauptachse, leicht polyedrisch, zuweilen mit ungleicher Krümmung der Flächen (Apicalfläche stärker gewölbt, Antapicalfläche abgeplattet)". Tatsächlich wird man die Gestalt der meisten Schalen als kuppel- oder glockenförmig bezeichnen und an denselben demnach eine gewölbte Apicalfläche und eine mehr oder weniger flache Basalfläche unterscheiden können (Textfig. 64; Taf. LXXVI, Fig. 541).

Das Gitterwerk der Schale besteht aus großenteils viereckigen Maschen, welche streckenweise in annähernd parallelen Reihen angeordnet sind.

Die Balken der Maschen sind im allgemeinen von cylindrischer Gestalt und bei den einzelnen Formen von sehr verschiedener Dicke. Sie tragen meist eine gegen das Maschenlumen gerichtete Bedornung, welche bei dicken Balken am wenigsten, bei schlanken am stärksten entwickelt zu sein pflegt (Textfig. 65—67). Fast immer kann man die von HAECKEL beschriebene

konzentrische Schichtung der Balkensubstanz erkennen, namentlich wenn man, wie dies schon HAECKEL getan hat, die Skelette auf dem Platinblech glüht und dann in Canadabalsam unter-

Fig. 64. *Oroscena regalis* BORG., var. *intermedia*. T.-St. 39. *I* Apicalgabel. *V* Basalstacheln.

sucht. Auch die von HAECKEL beschriebenen Achsenkanäle der Balken treten dann streckenweise deutlich hervor.

Bei einer sehr großen Zahl der mir vorliegenden Exemplare finde ich das Maschenwerk in der Nähe des Scheitelpoles enger und die Balken derber, als an der Basalfläche (Textfig. 64; hier nicht besonders deutlich ausgeprägt).

Zwischen den Basen je zweier benachbarter Radialstacheln verlaufen kontinuierliche Balken, wodurch das ganze Maschenwerk des konvexen Teiles der Schale in großenteils drei- und viereckige Felder eingeteilt wird. Insbesondere am eigentlichen Scheitel der

Fig. 65.

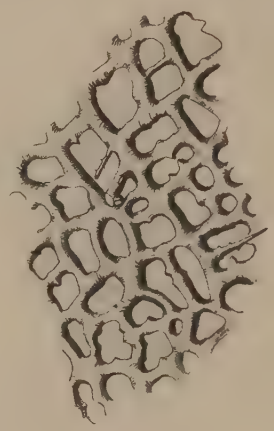


Fig. 67.

Fig. 66.

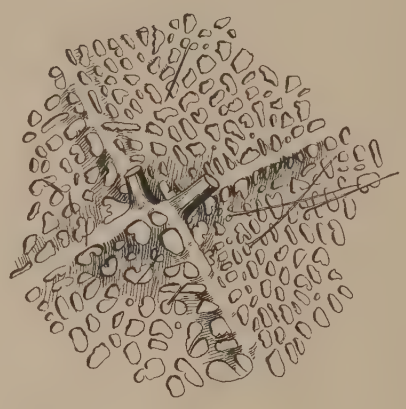


Fig. 68.

Fig. 65. Gitterwerk von *Oroscena regalis gracilis*. T.-St. 32.
Fig. 66. Gitterwerk von *Oroscena regalis intermedia*. T.-St. 39.
Fig. 67. Gitterwerk von *Oroscena regalis robusta*. T.-St. 32.
Fig. 68. Apicalgabel und apicales Balkenkreuz von *Oroscena regalis*. T.-St. 237.

Schale oder in der Nähe derselben stoßen bei der mir vorliegenden Großart *Oroscena regalis* fast immer vier derartige Balken in zwei dicht nebeneinanderliegenden Knotenpunkten zusammen, derart, daß sie Winkel von nahezu 90° zwischen sich einschließen und das Scheitelfeld in vier ziemlich gleichmäßige Quadranten zerlegen (Textfig. 68). Die in den beiden Knotenpunkten sich erhebenden, meist bogenförmig divergierenden Radialstacheln bilden eine für die Großart *Oroscena regalis* charakteristische Gabel, die Apicalgabel (Textfig. 64; Taf. LXXVI). Ausnahmsweise erheben sich auch von einem der Knotenpunkte statt eines Radialstachels zwei,

so daß eine im ganzen dreizinkige Gabel zu stande kommt. Beim Anblick dieser regelmäßigen Apicalbildungen gewinnt man durchaus den Eindruck, als ob ein großes sechsstrahliges Doppelspikulum der Kieselschale eingelagert sei, bezw. bei ihrem Aufbau Verwendung gefunden habe, derart, daß die beiden Knotenpunkte, der kurze, sie verbindende Mittelbalken, sowie zwei Paare von Strahlen Bestandteile des Schalengerüstes selber darstellen, während je ein von jedem Knotenpunkt entspringender Strahl sich zu einem Radialstachel (Ast der Apicalgabel) umgebildet hat.

Im Gegensatz zur Apicalfläche ist bei meinen Exemplaren die Basalfläche durch die von den Basalstacheln gegen die Mitte der Basis ausstrahlenden Balken in mehr oder weniger regelmäßige Dreiecke zerlegt. In der Mitte der Basalfläche verlieren sich diese Balken gewöhnlich in einem sehr unregelmäßigen Flechtwerk, welches dann, wenn die Balken nicht genau gegen die Mitte konvergieren, eine wirbelartige Anordnung zeigt.

In Bezug auf die Schale selber ist zum Schluß noch zu bemerken, daß sich in ihrem Innern, und zwar an der Basalseite, einfache oder unregelmäßig verzweigte Verstärkungsleisten vorfinden können, welche sich über mehrere Maschen herüberspannen und in ihrer Gesamtheit eine Art Polster für die Centralkapsel bilden können (Textfig. 69).

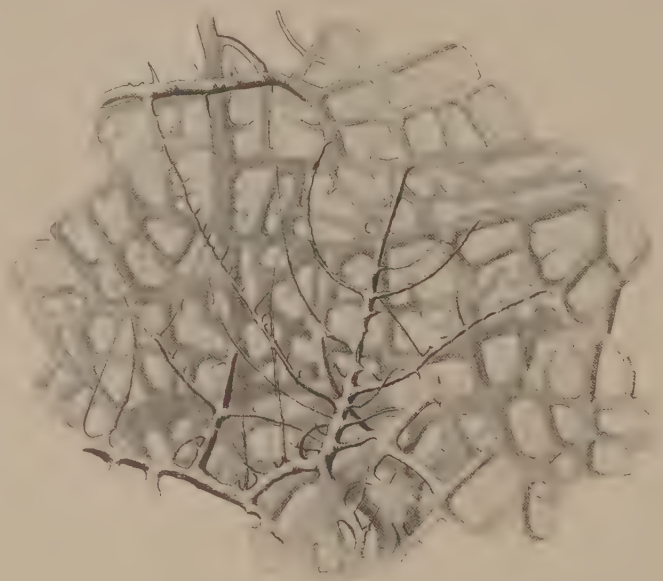


Fig. 69. Innere, baumförmig verästelte Verstärkungsleisten von *Oroscena regalis*. T.-St. 90.

Die Radialstacheln der Orosphäriden treten, wie schon Haeckel hervorgehoben hat, in zwei Typen auf, nämlich einmal als kräftige keulenförmige (Textfig. 64, oben), andererseits als schlanke stabförmige Gebilde (unten). Namentlich die ersteren sind mehr oder weniger stark bedornt oder mit netzförmigen Erhebungen versehen (reticulately dimpled), während die stabförmigen Radialstacheln zahlreiche Seitenäste aufweisen können.

Für die Großart *Oroscena regalis* hat schon Borgert hervorgehoben, daß die Radialstacheln in unregelmäßigen Kreisen um die Hauptachse herumgestellt sind, daß sie am Rande der Basalfläche (Antapicalfläche) am längsten und mit den meisten Seitenästen versehen sind und endlich, daß sie an der Basalfläche selber fehlen. Die typische Anordnung der Aeste geht aus der Textfig. 64 hervor, welche eine *Oroscena regalis* vom derbschaligen Typus darstellt. Am Scheitel erhebt sich die Apicalgabel, welche aus zwei leicht-keulenförmigen, bedornten Radialstacheln besteht (I). Darunter befinden sich zwei nicht ganz regelmäßige Kränze von ebenfalls keulenförmigen, gegen die Apicalseite gebogenen Radialstacheln (II, III). Einige von ihnen weisen einen rudimentären Charakter auf. Die Radialstacheln des folgenden dritten Kranzes (IV) sind etwas länger und mehr nach der Basalseite gerichtet und zeigen bereits eine schwache

Verästelung. Die 8 oder 10 Radialstacheln endlich, welche den Rand der Basalfläche umgeben, die Basalstacheln (V), sind noch wesentlich länger (anderthalbmal so lang als der größte Schalendurchmesser), mehr oder weniger geschweift, schwach bedornt, am Ende zugespitzt und mit zahlreichen unregelmäßig abstehenden Seitenästen versehen. Sie haben im ganzen eine radiale Richtung und schließen so einen glockenförmigen Raum in sich.

Außer den Radialstacheln ist die Schalenoberfläche stets mit kurzen, dünnen, bedornten Nebenstacheln besetzt, welche namentlich in der Mitte der Basalfläche stark entwickelt zu sein pflegen.

Von weiteren, nicht bei allen Arten und Individuen vorkommenden Skelettbildungen sind zu erwähnen die pyramidenförmigen Erhebungen der Stachelbasen und die anastomotischen Verbindungen der Basalstacheln. Beide Differenzierungen sind von HAECKEL systematisch verwertet worden, indessen kann mindestens für die Großart *Oroscena regalis* festgestellt werden, daß man es in beiden Fällen mit außerordentlich fluktuierenden Erscheinungen zu tun hat.

Fig. 70. Basalstachel von *Oroscena regalis* mit pyramidenförmig ausgezogener Basis und anastomosierenden Seitenästen. T.-St. 215.

Die pyramidenförmigen Erhebungen entstehen speciell bei den Radialstacheln der oberen Kränze einfach in der Weise, daß die Schalenwandung selber im Umkreis der Stachelbasis pyramiden- oder zeltförmig ausgezogen ist. Sie entsprechen also vollkommen den Pyramiden von *Castanidium* (Taf. XXXIX, Fig. 293) oder noch mehr, im Hinblick auf die oben beschriebenen von einem Stachel zum anderen ziehenden Verbindungsbalken, den Schalenerhebungen von *Circostephanus* (S. 174, Fig. 17d). Bei den die Basalfläche umrandenden Radialstacheln erhalten diese Erhebungen vielfach noch dadurch eine Verstärkung, daß sich die proximalen Seitenäste und Zweigchen der Radialstacheln zurückbiegen und mit dem Gitterwerk der Schale konfluieren (vergl. Textfig. 64 links unten). Zuweilen kommt es vor, daß ein solcher zurückgebogener Ast nicht die Schale, sondern den Radialstachel selber trifft, so daß ösenartige Bildungen zu stande kommen (Textfig. 70).

Was die Anastomosen der Radialstacheln anbelangt, so treten diese bei *Oroscena regalis* ausschließlich an den Basalstacheln auf. Eine vollständige „äußere Gitterschale", wie sie HAECKEL für seine Gattungen *Oroplegma* und *Orodictyum* angiebt, habe ich bei keinem Exemplar gefunden. Zuweilen sind nur einige Basalstacheln miteinander verbunden, sehr häufig fand ich aber, daß sämtliche Basalstacheln in einigem Abstand von der Schale durch Quer-

verbindungen anastomosieren und so eine Art Ringgeländer bilden, welches den basalen Teil des von den Basalstacheln gebildeten glockenförmigen Raumes vollständig umgiebt (Textfig. 71, Schrägansicht von oben). Das *Oroscena*-Skelett mit seinen Apicalstacheln, seiner rundlichen Gitterschale und dem korb- oder reusenartigen Basalgerüst erinnert dann außerordentlich an manche Cyrtoideen, insbesondere Tripocyrtiden (vergl. HAECKEL, Rep., Taf. LX, Fig. 3, 10).

Von Monstrositäten fanden sich unregelmäßig-birnförmig ausgezogene Schalen, gegabelte Apicalstacheln, unverhältnismäßig dünne Radialstacheln, Basalstacheln mit rückläufigen oder fensterartig anastomosierenden Seitenästen (Textfig. 70) u. a.

Ueber die Entstehung des Skelettes konnte ich keine Beobachtungen machen, trotzdem die „Valdivia"-Ausbeute eine sehr beträchtliche Anzahl von Orosphäriden (etwa 150 Stück) enthielt. Möglicherweise hängt dieser negative Befund damit zusammen, daß nach den später mitzuteilenden Beobachtungen die Lebensdauer der Oroscenen nicht mit der einmaligen Sporenbildung abschließt, sondern eine relativ lange ist, so daß das Zahlenverhältnis zwischen jungen und älteren Skeletten ein anderes ist, als beispielsweise bei den größeren Tripyleen.

Fig. 71. *Oroscena regalis* BORGERT, var. *oroplegmoides*. T.-St. 39.

Es mag nicht überflüssig sein, darauf hinzuweisen, daß auch bei den Oroscenen die Hauptteile des Skelettes, speciell die Gitterschale, nach erfolgter Verkieselung kein Größenwachstum erfahren können. Wie aus den Größenverhältnissen hervorgeht, welche die Individuen mit sehr kleiner und diejenigen mit sehr großer Centralkapsel, also Tiere von sehr verschiedenem Alter, zeigen, bewahrt die Schale dieselbe Größe, welche sie bei ihrer Bildung erlangt hat. Anders verhält es sich aber wahrscheinlich mit der Dicke der Gitterbalken und der Radialstacheln. Bei einem Vergleich der Skelette ergab sich nämlich, daß alle diejenigen Skelette (gegen 10), welche in ausgeprägter Weise dem locker- und zartmaschigen Typus (sehr große, polygonale Maschen und dünne, stark bedornte Balken, Textfig. 65) angehören, durchweg sehr kleine Centralkapseln von nur 0,28—0,35 mm Durchmesser aufweisen, daß also offenbar sehr jugendliche Individuen eine locker- und zartmaschige Schale besitzen. Allerdings läßt sich umgekehrt nicht behaupten, daß eine besondere Derbheit der Skelettstrukturen mit einer bedeutenden Größe der Centralkapsel Hand in Hand geht. Indessen ist dies ja auch gar nicht zu erwarten, da nach dem Folgenden die Centralkapsel von einer gewissen Größe an nicht kontinuierlich

wächst, sondern höchst wahrscheinlich infolge der Periodizität der Sporenbildungsvorgänge ein rhythmisches Auf- und Abschwellen aufweist. Man wird also nicht darauf rechnen können, daß die derbsten, massigsten Gitterschalen jederzeit auch die größten Centralkapseln enthalten. Alles in allem glaube ich aber aus meinen Beobachtungen die Möglichkeit ableiten zu dürfen, daß bei *Oroscena regalis* die neugebildete Schale zunächst noch sehr große, eckige Maschen und sehr zarte Balken besitzt (Textfig. 65), daß sie aber dann mit zunehmendem Alter unter Apposition von Kieselsubstanz sich mehr und mehr verändert: die Balken werden dicker und weniger dornig, die Maschenöffnungen enger und mehr rundlich (Textfig. 66, 67), und wahrscheinlich nimmt auch die Dicke und Verzweigung der Radialstacheln zu. Im Gegensatz zu den mit anfangs hohlen, später massiven Skelettelementen versehenen Tripyleen *(Auloceros, Aulokleptes, Sagenoarium)*, bei welchen eine Verdickung der Stachel- und Balkenwandung von außen nach innen stattfindet, würde also bei *Oroscena* möglicherweise eine Verdickung der Balken von innen nach außen unter Apposition von Kieselsubstanz erfolgen.

Hinsichtlich der stammesgeschichtlichen Entstehung, bezw. der Homologiebeziehungen des Orosphäridenskelettes habe ich schon früher (1906 c, S. 881) hervorgehoben, daß man die ausgesprochen monaxon-ungleichpoligen Formen von *Oroscena regalis* ohne Zwang von dem gleichfalls ungleichpoligen Skeletttypus von *Thalassothamnus ramosus* (Taf. LXXIV, Fig. 538) ableiten kann. Man hat sich nur zu denken, daß sich bei letzterem die centralen Teile der Stacheln und der Knotenpunkt des Riesendoppelspikulums zurückgebildet haben und daß die untersten Seitenäste mit ihren Verzweigungen zu einer Gitterschale verflochten seien. Der erste Teil dieses Satzes dürfte in der That die Verhältnisse richtig zum Ausdruck bringen: wenigstens zeigen speciell die Basalstacheln von *Oroscena* (Textfig. 64 V) hinsichtlich ihrer Anordnung und Verzweigungsweise eine weitgehende Aehnlichkeit mit den Radiärelementen der *Thalassothamnus*-Arten, so daß man sie sehr wohl als rudimentär gewordene Homologa der letzteren betrachten kann. Dagegen wird es wohl richtiger sein, die Gitterschale von *Oroscena* nicht einfach auf die Anastomosierung der Seitenäste der Radialstacheln zurückzuführen, sondern sie als eine Bildung sui generis, gewissermaßen als eine sekundäre Skelettgeneration zu betrachten, ähnlich wie die klöppelförmige Außenschale von *Atlanticella* (Taf. LIII, Fig. 433) gegenüber der Primärschale der übrigen Medusettiden eine selbständige Bildung darstellt. Als Stütze für diese Auffassung darf man vielleicht diejenigen Fälle heranziehen, in denen innerhalb der Basalplatte der Schale astartige Bildungen auftreten, welche durchaus an die Verzweigungen von *Thalassothamnus* erinnern und in mannigfacher Weise mit der Gitterschale anastomosieren (Textfig. 69). Hier tritt ein struktureller Gegensatz zwischen diesen Astbildungen und der eigentlichen Gitterschale so deutlich hervor, daß man sich schwer entschließen kann, beide Skelettelemente in direkte Beziehung zu einander zu setzen. Eine Schwierigkeit bleibt allerdings auch dann noch bestehen, wenn man die Gitterschale als eine sekundäre Bildung betrachtet, nämlich die Entstehung des apicalen Balkenkreuzes und der Apicalgabel (Textfig. 68). Es wurde schon oben (S. 411) angedeutet, daß diese nahezu konstant wiederkehrende Differenzierung der Scheitelpartie wie ein in die Schale eingefügtes Doppelspikulum erscheint, und man könnte sich denken, daß bei der Schalenentwickelung an dieser Stelle gewissermaßen phylogenetische Reminiscenzen zum Vorschein kommen. Möglich wäre es allerdings auch, daß diese Bildungen nicht phylogenetisch, sondern rein teleologisch als Druckverteilungsapparate zu deuten sind.

Ueber die physiologische Bedeutung der Skelettbildungen der Orosphäriden geben uns diejenigen Exemplare von *Oroscena* Aufschluß, bei welchen der extrakapsuläre Weichkörper gut erhalten ist. Man sieht in solchen Fällen, daß auch bei *Oroscena* das ganze Skelett bis zu den Stachelspitzen vom Weichkörper umschlossen ist und daß also speciell die Radialstacheln als Träger der extrakalymmalen Oberflächenhaut und damit als „Druckfänger", mit ihren basalen Verzweigungen aber als „intermediäre Stützelemente" funktionieren.

Im extrakalymmalen Weichkörper konnte ich auf Schnitten vielfach große, dicht nebeneinander gelagerte Alveolen nachweisen (Taf. LXXVIII, Fig. 552 *cal*). In dem die Centralkapselmembran *(cm)* umschließenden „Pseudopodienmutterboden" wurden, ebenfalls auf Schnitten, körnige Gebilde gefunden, welche durchaus an die Phäodellen der Tripyleen erinnern und wie diese als Nahrungsballen aufzufassen sind (Fig. 552, *ph*).

Centralkapsel und Kern; Entwickelung und Sporenbildung. Durch den Reichtum der „Valdivia"-Ausbeute an wohlkonservierten Exemplaren von *Oroscena* bin ich in die Lage versetzt worden, an der Hand von 41 Schnittserien eine ziemlich lückenlose Entwickelungsreihe von Stadien mit sehr kleiner, einen Durchmesser von nur 0,3 mm aufweisender Centralkapsel bis zur Bildung der Sporennester zusammenzustellen. Die Aneinanderreihung der Stadien bot, wenigstens in den ersten Abschnitten des Fortpflanzungscyklus, keine besonderen Schwierigkeiten, da die zunehmende Größe von Kern und Centralkapsel ziemlich zuverlässige Anhaltspunkte gewährte. Indessen muß bemerkt werden, daß dieser Parallelismus zwischen Entwickelung und Größenzunahme kein absolut strenger ist. Denn abgesehen von der Möglichkeit, daß vielleicht geographische Verhältnisse eine Rolle spielen, habe ich den Eindruck gewonnen, daß ein großer Reichtum an Konkretionen, d. h. wohl ein reichlicher Vorrat an Reservestoffen, die Vermehrungsvorgänge derart beschleunigt, daß kleinere Centralkapseln unter Umständen spätere Entwickelungsphasen aufweisen können, als normalerweise zu erwarten wäre. Speciell in die spätere Vermehrungsperiode spielt außerdem der unten zu besprechende Umstand herein, daß das einzelne *Oroscena*-Individuum offenbar mehrmals zur Sporenbildung zu schreiten im stande ist, so daß also auch aus diesem Grunde die Vergrößerung der Centralkapsel keine regelmäßige ist.

Was die Verteilung der einzelnen Stadien auf die verschiedenen Meeresteile und Jahreszeiten anbelangt, so wurde das Teilungsstadium einmal im Südäquatorialstrom (T.-St. 50, 8. Sept.), das Differenzierungsstadium viermal im tropischen Atlantik (T.-St. 32, 49, 54, 55; 25. Aug. bis 12. Sept.), zweimal im südlichen Atlantik (T.-St. 112, 115; 4. u. 14. Nov.), einmal im tropischen Indik (T.-St. 215; 11. Febr.), das fünfkernige Stadium einmal im tropischen Indik (T.-St. 215; 11. Febr.), die Desintegrations- und ersten Sporenbildungsstadien einmal im südlichen Atlantik (T.-St. 120; 18. Nov.), zweimal im tropischen Indik (T.-St. 172 und 215; 9. Jan. und 11. Febr.), die späteren Sporenbildungsstadien dreimal im südlichen Atlantik (T.-St. 89, 91, 112; 22. Okt. bis 4. Nov.) gefunden. Verhältnismäßig häufig fanden sich also in den südlichen, gemäßigten Teilen des Atlantischen Oceans von Ende Oktober bis Anfang November die späteren entwickelungsgeschichtlichen Stadien vor, und es scheint demnach, daß in jenen Gebieten die Sporenbildung mit dem Beginn des südlichen Sommers zusammentrifft.

Die Centralkapsel besitzt in ganz jungen Stadien (Taf. LXXVIII, Fig. 549) eine kugelige Gestalt und einen Durchmesser von 0,28—0,3 mm, während der gleichfalls kugelige Kern, der als **Primärkern** bezeichnet werden möge, einen Durchmesser von 0,1 mm aufweist. Mit

zunehmendem Wachstum nimmt die Centralkapsel eine ellipsoidische Gestalt an, während der gleichfalls enorm heranwachsende Kern seine runde Form beibehält[1]). In denjenigen Stadien, welche ich nach der Beschaffenheit der Kernelemente als Prophasen der Teilung ansehen möchte, beträgt der längste Durchmesser der Centralkapsel 0,7—0,9, der Durchmesser des Kernes 0,2—0,25 mm, im Stadium der Sporenbildung ersterer 1—1,1, letzterer 0,15—0,27 mm. Um eine Vorstellung von der enormen Größe der *Oroscena*-Kerne zu geben, sind in Textfig. 72 ein junger (0,1 mm großer) und ein ausgewachsener (0,4 mm großer) *Oroscena*-Kern (a und b), sowie ein ausgebildetes Keimbläschen aus dem Ovarium von Triton (c) und einige Epidermiskerne einer *Amblystoma*-Larve (d) bei gleicher Vergrößerung wiedergegeben.

Die Centralkapselmembran ist in allen Entwickelungsstadien sehr dünn und an ihrer Oberfläche, ähnlich wie diejenige von *Thalassoxanthium* (S. 398), mit sehr kleinen Zöttchen bedeckt, welche wegen ihrer geringen Größe nicht weiter analysierbar sind (Taf. LXXVIII, Fig. 549, 552). Poren oder besondere Oeffnungen konnte ich an meinem Material nicht wahrnehmen. Die Angabe von HAECKEL, daß die Centralkapsel derjenigen der Aulosphäriden ähnlich sei und eine Astropyle mit strahligem Operculum und mit einer Proboscis, sowie zwei kleine Parapylen besitze, muß auf einer Verwechslung beruhen. Bei sehr jungen Kapseln (Fig. 549) sind die äußeren Schichten der intrakapsulären Sarkode nur von sehr kleinen Alveolen durchsetzt und lassen die auch bei anderen Collodarien beobachtete Radiärstreifung erkennen (vergl. R. HERTWIG's Beschreibung für *Thalassicolla*, 1876, S. 53, Taf. IV, Fig. 7), die tieferen Schichten sind von größeren Alveolen eingenommen, welche großenteils je eine Konkretion enthalten. Bei älteren Centralkapseln (Fig. 551 und 552) werden auch die peripheren Schichten von Alveolen eingenommen. Bei sehr großer Entfaltung der Alveolensubstanz können, vielleicht unter Wirkung der Reagentien, Zusammenballungen der Sarkode entstehen, welche an die bei *Thalassothamnus* und *Cytocladus*

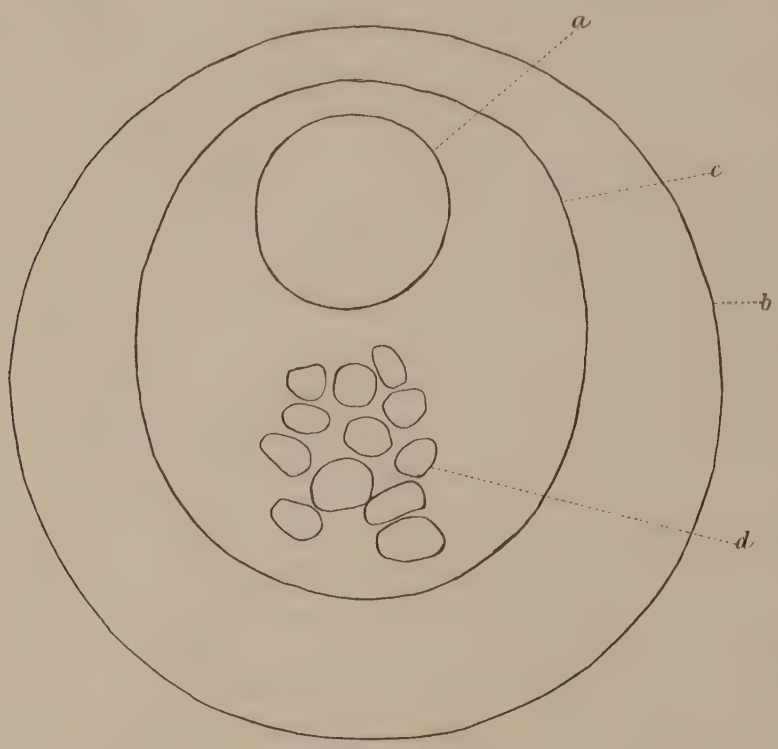


Fig. 72. Zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse der Kerne von *Oroscena*: *a* junger, *b* ausgewachsener Kern von *Oroscena*, *c* ausgebildetes Keimbläschen von Triton, *d* Epidermiskern einer Amblystoma-Larve.

1) Nur in einem Fall sah ich in einer sehr großen Centralkapsel (von 1,1 mm Durchmesser) den Kern unregelmäßig eingebuchtet (Taf. LXXIX, Fig. 557), möglicherweise infolge der Wirkung des Konservierungsmittels.

beobachteten „schaumigen Ballen“ und „schaumigen Ringe“ erinnern (Fig. 550). In vielen Fällen wurden in den Sarkodebalken Oelkugeln angetroffen (Fig. 552 ö).

Die Konkretionen haben eine sehr mannigfache Gestalt. Insbesondere kommen sämtliche von Haeckel (1862, S. 250 f.) und R. Hertwig (1876, S. 47) für *Thalassicolla* beschriebenen Formen vor: konzentrisch geschichtete Kugeln (Fig. 549, 550), biskuitförmige (Fig. 553, 555) und mehrfach gelappte, im gefärbten Zustand an „Stiefmütterchen“ *(Viola tricolor)* erinnernde Formen (Fig. 554), Garben (Fig. 549 rechts), Doppelgarben und sonnenähnliche Gebilde (Fig. 551). Außerdem stieß ich wiederholt auf kreuz- oder radähnliche Figuren (Taf. LXXVII, Fig. 548). Nicht selten sind in einer Centralkapsel ein oder zwei Typen vorzugsweise vertreten: so zeigte eine jüngere Kapsel von 0,5 mm Durchmesser (Fig. 551) in den äußeren Alveolenschichten vorzugsweise kleinere hantelförmige Konkretionen, deren Enden nicht wie sonst eine homogene, sondern eine körnchenförmige Beschaffenheit aufwiesen, während die inneren Schichten ausschließlich prachtvolle Sonnenfiguren enthielten. Auch die größeren biskuit- und stiefmütterchenähnlichen Formen (Fig. 553—555) fanden sich nur in einzelnen Centralkapseln, dann aber in größerer Anzahl vor.

Im Ganzen scheint die Zahl der Konkretionen mit dem Wachstum der Centralkapsel absolut und relativ zuzunehmen, auch im Differenzierungs- und im fünfkernigen Stadium (Taf. LXXX, Fig. 562 und 565) sind noch sehr zahlreiche Konkretionen vorhanden, dagegen ist das Sporenbildungsstadium (Taf. LXXXII, Fig. 571) relativ sehr arm an solchen. Diese Abnahme der Zahl der Konkretionen scheint, wie unten gezeigt werden soll, im Stadium der Desintegration (Taf. LXXXI, Fig. 566) vor sich zu gehen. Es weisen die betreffenden Bilder mit Sicherheit darauf hin, daß die Konkretionen die Bedeutung von Reservestoffen haben.

Die Kernmembran ist, wenigstens in den jüngeren Stadien, im Gegensatz zu derjenigen anderer Collodarien, vollkommen glatt. In jungen Stadien (Taf. LXXVIII, Fig. 549) ist sie nicht wesentlich dicker als die Centralkapselmembran, später (Taf. LXXVIII, Fig. 552) nimmt sie eine bedeutende Dicke (bis zu 0,01 mm) an und ist auf ihrer Oberfläche vielfach mit dunkel gefärbten, scheibenförmigen Gebilden bedeckt, über deren Natur ich nichts ermitteln konnte. (Taf. LXXIX, Fig. 557).

Das Grundplasma des Kernes erscheint bei weniger gut konserviertem Material als eine gekörnelte Masse, in welcher flockige oder wolkige Massen einer dunkler färbbaren Substanz gleichmäßig verteilt erscheinen. Auf einer großen Anzahl von Flemming-Präparaten, seltener bei Sublimatkonservierung dagegen erscheint der Kernraum dicht gefüllt von einem blassen, gleichmäßigen Fadenwerk, welches auf zahlreiche knäuelartige Herde konzentriert erscheint (Taf. LXXIX, Fig. 556). Ich will diese Knäuel, welche sehr an die Spiremstadien in der Spermatogenese der Metazoen erinnern, als Einzelknäuel bezeichnen. Ihre Zahl habe ich in einem Fall auf etwa 1600—1800 berechnet. Es handelt sich also um ungefähr die nämliche Zahlengröße, welche für die Chromosomen von *Aulacantha* und *Castanidium* nachgewiesen werden konnte.

Zwischen den Einzelknäueln finden sich bläschenförmige Körper, welche innerhalb eines grobwabigen Grundplasmas eine oder mehrere Chromatinschleifen erkennen lassen. Das Wabenwerk des Grundplasmas dieser Chromosomenbläschen ist entweder mehr gleichmäßig zwischen Bläschenmembran und Chromosomenschleifen angeordnet (Taf. LXXIX, Fig. 559), oder es zeigt in der nächsten Nachbarschaft der Chromosomenschleifen eine starke Verdichtung

(Taf. LXXXII, Fig. 570), oder es sind die Chromosomenschleifen von einer Schicht besonders großer Alveolen umgeben, an die sich zunächst eine sehr feinwabige Schicht anschließt (Taf. LXXX, Fig. 564). Sind die Zwischenräume zwischen den Chromosomenschleifen sehr groß, so können in die feinwabige Schicht noch größere kugelige oder unregelmäßig geformte Alveolen eingelagert sein (Fig. 564 a). Abgesehen von diesen wabigen Strukturen, erinnern die Chromosomenbläschen von *Oroscena* außerordentlich an die in Teilung befindlichen Kerne einer Myxosporidie *(Sphaeromyxa)*, welche O. SCHRÖDER neuerdings (1907, Taf. XIV, Fig. 5 ff.) beschrieben hat.

Die Bläschen sind von ungleicher Größe: die kleinsten enthalten stets nur eine hufeisen- oder S-förmige Chromosomenschleife (Taf. LXXVIII, Fig. 549 *b*; Taf. LXXIX, Fig. 559), die größeren mehrere derselben (Taf. LXXVIII, Fig. 549 *c*; Taf. LXXIX, Fig. 556; Taf. LXXX, Fig. 564 a—b). Die Chromosomen der mehrschleifigen Bläschen haben eine mehrfach gewundene Gestalt und lassen in ihrer Achse sehr häufig eine breite helle Linie erkennen (Taf. LXXIX, Fig. 556; Taf. LXXXII, Fig. 570). Ob es sich hier um die Andeutung einer Längsspaltung handelt, kann ich nicht entscheiden. Jedenfalls erinnern aber die Bilder sehr an die von einer hellen Linie halbierten Chromosomen von *Castanidium* (Taf. XLI, Fig. 300, untere Centralkapsel), sowie an die bekannten, nicht immer unzweideutigen Vorkommnisse in den Prophasen der ersten und zweiten Reifungsteilung der Metazoen und Phanerogamen.

Ueber die Zahlen- und Größenverhältnisse der Chromosomenbläschen in verschieden großen Centralkapseln giebt folgende Tabelle Aufschluß:

Durchmesser der Centralkapsel	Durchmesser des Kernes	Gesamtzahl der Chromosomenbläschen	Darunter: 2—3-schleifige	Darunter: mehrschleifige	
0,3	0,1	ziemlich sicher 18	0	0	
0,3	0,1	wahrscheinlich 18	3	0	Taf. LXXVIII, Fig. 549
0,32	0,13	kaum mehr als 8	1	0	
0,38	0,1	ziemlich sicher 11	0	0	
0,38	0,16	13	2	0	
0,4	0,1	20—21	4	0	
0,45	0,22	ziemlich sicher 12	1	0	
0,5	0,15	9—10	1	0	
0,5	0,18	27	3	0	
0,6	0,2	mindestens 25	5	0	
0,62	0,18	18	2	0	
0,66	0,25	16	2	0	
0,68	0,25	mindestens 17	3	1	
0,7	0,2	ziemlich sicher 21	2	2	
0,75	0,2	19	7	1	Taf. LXXVIII, Fig. 552
0,8	0,2	ziemlich sicher 15	3	1	
0,88	0,25	ziemlich sicher 18	4	1	
0,95	0,2	10	1	1	
1,1	0,4	12	2	1	Taf. LXXX, Fig. 564

Ein Vergleich der Centralkapseln verschiedener Größe ergiebt zunächst, daß in den kleinen Centralkapseln vorwiegend einschleifige (Taf. LXXVIII, Fig. 549), in den mittleren einschleifige und mehrschleifige Chromosomenbläschen auftreten (Taf. LXXVIII, Fig. 552), während in den ältesten Centralkapseln neben kleinen Bläschen stets ein oder ein paar besonders große, vielschleifige Bläschen enthalten sind (Taf. LXXX, Fig. 564).

Ferner läßt sich der Zusammenstellung entnehmen, daß die kleinsten Chromosomenzahlen (8—13) sich einerseits in den sehr kleinen (0,3—0,4 mm großen), andererseits in den größten (0,9—1,1 mm großen) Centralkapseln vorfinden, wobei jedoch der Unterschied besteht, daß sich in ersteren fast ausschließlich kleine einschleifige, in letzteren daneben auch mittelgroße (2—3-schleifige) und sehr große (vielschleifige) Chromosomenbläschen finden. Insbesondere war in den beiden größten Centralkapseln je ein außerordentlich großes, sehr schleifenreiches Bläschen enthalten (vergl. Taf. LXXX, Fig. 564). Die größten Chromosomenzahlen (20—27) fanden sich in den mittelgroßen Centralkapseln von 0,4—0,7 mm Durchmesser.

Manche Bilder (Taf. LXXX, Fig. 563) weisen nun ferner mit Bestimmtheit darauf hin, daß die größeren Chromosomenbläschen durch Verschmelzung von kleineren ihre Entstehung nehmen, und so wird man unter Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse zu dem Ergebnis geführt, daß

gleichzeitig mit dem Wachstum von Kern und Centralkapsel immer neue einschleifige Chromosomenbläschen im Kernraum ihre Entstehung nehmen und nach einiger Zeit mit den schon bestehenden größeren, mehrschleifigen Bläschen verschmelzen.

Wie die Bläschen ihre Entstehung nehmen, läßt sich nicht Schritt für Schritt verfolgen, da sich der Bildungsprozeß offenbar sehr rasch abspielt. Jedoch fand ich wiederholt Bilder (Taf. LXXVIII, Fig. 549*a*; Taf. LXXIX, Fig. 558 bei *a*), welche darauf mit Sicherheit hinweisen, daß die kleinen, einschleifigen Bläschen durch Umwandlung je eines Einzelknäuels ihre Entstehung nehmen. Man sieht nämlich in einzelnen Kernen dicht unter der Kernmembran scharf abgegrenzte Bläschen, welche auf ungefärbtem Grunde lockere Knäuelfiguren erkennen lassen, welche den übrigen direkt im Kernplasma eingebetteten „Einzelknäueln" (Taf. LXXIX, Fig. 556) sehr ähnlich sind, aber sich infolge des ungefärbten Untergrundes und wohl auch wegen dichterer Beschaffenheit in viel schärferer Weise hervorheben. Diese wandständigen Bläschen dürften die Brücke zwischen den „Einzelknäueln" und den einschleifigen Chromosomenbläschen bilden, und man hat also wohl anzunehmen, daß die letzteren in folgender Weise ihre Entstehung nehmen: ein Einzelknäuel nach dem anderen umgiebt sich mit einer gesonderten „Kernvakuole", sodann tritt, ähnlich wie in den Prophasen der Reifungsteilungen der Metazoen, eine Verkürzung und Verdichtung des aufgewundenen, blassen Fadens zu einem kurzen, gedrungenen, dunkel tingierbaren Chromosom (Taf. LXXVIII, Fig. 549*b*) ein.

In ganz ähnlicher Weise konnte ich auch eine successive Entstehung der Einzelchromosomen in den Kernen der Aulacanthiden verfolgen, nur daß die letzteren im fertigen Zustand nicht von gesonderten Bläschen umschlossen scheinen. Auch bei den Aulacanthiden findet die Bildung der Chromosomen, mindestens der Mehrzahl nach, dicht unter der Kernmembran statt.

Welches ist nun die Bedeutung der successiven Entstehung der Chromomsoenbläschen und ihrer Verschmelzung zu vielschleifigen Gebilden?

Berücksichtigt man zunächst die zunehmende Kerngröße und -Chromosomenzahl, zieht man ferner in Erwägung, daß die entsprechenden Vorgänge in den Aulacanthidenkernen sicherlich die Teilung vorbereiten, so wird man mit Notwendigkeit zu der Auffassung geführt, daß es sich bei den oben beschriebenen Prozessen, die im übrigen mit einer Verdickung der Kernmembran,

vielleicht auch mit einer Längsspaltung der Chromosomen verbunden sind (s. oben S. 418; Taf. LXXXII, Fig. 570), um die Prophasen eines Teilungsvorganges handelt.

Ich muß es als einen besonderen Glücksfall betrachten, daß unter den 40—50 Exemplaren von *Oroscena*, welche sich auf Grund ihrer guten Konservierung zur Herstellung von Schnittserien eigneten, auch eines befand, welches in seiner Centralkapsel zwei Kerne einschloß, die durchaus an die Doppelkerne der Aulacanthiden (s. S. 23, Fig. 6) und anderer Tripyleen erinnern und zweifellos, wie diese, durch Teilung eines Kernes, in unserem Fall des Primärkernes, ihre Entstehung genommen haben (Taf. LXXIX, Fig. 561). Die beiden Kerne zeigen ein vollkommen gleichartiges Aussehen: sie haben eine hemisphärische Gestalt und kehren sich gegenseitig die platte Seite zu. Jeder Kern enthält zwei symmetrisch gelegene nukeolenartige Binnenkörper von schaumiger Beschaffenheit und außerdem ein feines Fadenwerk, welches in zahlreichen, gleichmäßig verteilten Herden eine knäuelartige Verdichtung aufweist (Taf. LXXIX, Fig. 560). Diese Verdichtungen erinnern sehr an die Einzelknäuel des Primärkernes (Taf. LXXIX, Fig. 556). Im Kernplasma liegen außerdem zahlreiche dunkle Körnchen zerstreut, welche wohl, da die betreffende Centralkapsel mit FLEMMING'scher Flüssigkeit konserviert war, als Fetttröpfchen zu deuten sind.

Jeder der beiden Kerne ist umgeben von einer nahezu homogenen plasmatischen Schicht, welche gegen die intrakapsuläre Sarkode scharf abgegrenzt ist und deren Entstehung möglicherweise mit der starken Verdickung der Kernmembran des Primärkernes in irgend einem Zusammenhang steht. Die beiden Hüllen dieses „Neuplasma" stoßen in der Medianebene des Kernes nicht aneinander, sondern sind durch eine dünne plasmatische Schicht voneinander getrennt welche zahlreiche, vermutlich als Fetttröpfchen zu deutende Körnchen enthält.

Die eigentliche intrakapsuläre Sarkode ist auf eine ganz schmale Schicht zusammengedrängt, welche spärliche Alveolen von geringer Größe und wenige Konkretionen enthält.

An das Doppelkernstadium schließt sich zwanglos ein Stadium an, auf welches ich verhältnismäßig oft, nämlich auf den Schnittpräparaten siebenmal und außerdem einmal auf einem Ganzpräparate gestoßen bin, und welches ich als Differenzierungsstadium bezeichnen möchte (Taf. LXXX, Fig. 562). Der eine Kern, der den Geschlechtskern darstellt (Fig. 562 *g*), weist im wesentlichen die Beschaffenheit der Tochterkerne des vorangehenden Stadiums auf, der andere, der als vegetativer oder Dauerkern bezeichnet werden mag (Fig. 562 *d*), ist von der intrakapsulären, die Konkremente führenden Sarkode nicht durch eine Zone von Neuplasma getrennt, er zeigt ein stärkeres Tinktionsvermögen und weist hinsichtlich seiner Struktur, insbesondere was das Wiederauftreten ein- und mehrschleifiger Chromosomenbläschen anbelangt, durchaus die Beschaffenheit der in sehr jungen Centralkapseln aufgefundenen Primärkerne auf (vergl. Taf. LXXVIII, Fig. 549).

Was die Entstehung dieses Differenzierungsstadiums anbelangt, so liegt wohl die Annahme am nächsten, daß es aus dem Doppelkernstadium durch Differenzierung der beiden Kerne seinen Ursprung genommen hat. In diesem Fall würde sich der eine Kern unter bedeutender Verdichtung und Verkleinerung zum vegetativen oder Dauerkern und seine Neoplasmaschicht in intrakapsuläre Sarkode umgewandelt haben. Für die Zulässigkeit einer derartigen Auffassung spricht auch der Umstand, daß im Differenzierungsstadium und namentlich im folgenden (fünfkernigen) Stadium (Taf. LXXX, Fig. 565) die intrakapsuläre Sarkode, im Vergleich mit dem

Doppelkernstadium, wieder bedeutend an Masse zugenommen hat, was wohl auf eine Umwandlung der Neoplasmaschicht in Intrasarkode zurückgeführt werden kann.

An das Differenzierungsstadium reiht sich, wenn auch wohl nicht ganz unvermittelt, ein fünfkerniges Stadium (Taf. LXXX, Fig. 565) an, in welchem der Dauerkern (Fig. 565 a *d*) das Centrum der Centralkapsel eingenommen hat und der Geschlechtskern in 4, je von einer besonderen Neoplasmazone umgebene Geschlechtskerne (Fig. 565 a und b g^{I}—g^{IV}) zerfallen ist. Die Enkelgeschlechtskerne gleichen durchaus dem ursprünglichen Geschlechtskern und enthalten, wie dieser, schaumige nucleolusartige Bildungen, deren Zahl aber, wegen Ausfalles einzelner Schnitte, nicht mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Die intrakapsuläre Sarkode wies auf meinem Präparat, was die Verteilung von Plasma und Alveolen anbelangt, einen durchaus jugendlichen Charakter auf und enthielt sehr zahlreiche Konkretionen, namentlich Sonnen und Doppelgarben. Eine entfernte Aehnlichkeit besitzt diese Phase mit einem von Doflein (1907, Taf. XVIII, Fig. 20) bei *Amoeba vespertilio* gefundenen Stadium, welches innerhalb der Kernmembran neben dem dunkel gefärbten Binnenkörper 4 rundliche Kernportionen zusammengepackt zeigt.

Auf einer weiteren Entwickelungsstufe (Taf. LXXXI, Fig. 566 *a*—*d*) sieht man dann, abgesehen von dem central gelegenen Dauerkern, in der ganzen intrakapsulären Sarkode kleine kernartige Bildungen verteilt, welche in ihrer Struktur an die dichteren Einzelknäuel des Doppelkernstadiums (Taf. LXXIX, Fig. 560) und an diejenigen der Geschlechtskerne des Differenzierungsstadiums (Taf. LXXIX, Fig. 556) erinnern. Diese knäuelig strukturierten Kleinkerne, welche ich als Sporenmutterkerne bezeichnen möchte, liegen zum Teil innerhalb der Sarkodebalken (Fig. 566 a), zum Teil im Innern der größeren Alveolen (Fig. 566 c). Die meisten Sporenmutterkerne umschließen je eine kleinere Konkretion, welche in diesem Falle vielfach ein zerflossenes oder gequollenes Aussehen, offenbar als Zeichen eines Auflösungsprozesses, aufweist (Fig. 566 b). In einem Fall (Fig. 566 d) waren deutlich gesonderte Fädchen zu erkennen, welche um die beiden Pole einer sanduhrförmigen, dem Nukleolo-Centrosom anderer Protozoen ähnlichen Konkretion angeordnet waren.

Wenn nun auch Zwischenstufen zwischen dem fünfkernigen Stadium und dem oben beschriebenen Stadium der Desintegration fehlen, so dürfte doch wohl kaum zu bezweifeln sein, daß die als Sporenmutterkerne bezeichneten, großenteils knäuelförmigen Gebilde in der Weise ihre Entstehung genommen haben, daß sich die 4 Geschlechtskerne des fünfkernigen Stadiums mittelbar oder unmittelbar in ihre Einzelknäuel aufgelöst haben, daß also eine „Kernzerstreuung", eine Desintegration oder, wie wir auch sagen können, eine Reduktion in großem Stile stattgefunden hat. Versteht man doch unter Reduktionsteilungen solche Teilungen, bei welchen ein Auseinandertreten von Chromatinelementen ohne vorangegangene Längsspaltung oder Verdoppelung stattgefunden hat. Die Auffassung speciell, daß man es hier wirklich mit den Sporenmutterkernen, d. h. mit den Ascendenten der später zu beschreibenden Sporenkerne zu tun hat, wird dadurch gestützt, daß man auch in den späteren Stadien vielfach noch neben den Sporenkernen und deren Teilungsfiguren größere Knäuelfiguren findet, welche durchaus mit den Einzelknäueln des Desintegrationsstadiums übereinstimmen.

Der Periode der Desintegration oder Reduktion folgt nun die Periode der Teilung der Sporenmutterkerne. Es liegt mir zunächst ein Stadium vor, in welchem in der

ganzen intrakapsulären Sarkode Gruppen von 2 oder 3 Kernen verteilt liegen (Taf. LXXXI, Fig. 567, 568). Diese Kerne besitzen zum großen Teil eine dicht-knäuelige Beschaffenheit (Fig. 568 c), zum Teil erscheinen sie in eine größere Zahl (15—20) körnchenförmiger Chromosomen aufgelöst (Fig. 568 a, linker Kern), zum Teil zeigen sie das Stadium der späteren Telophase und erinnern dann sehr an die „Pseudoamitosen", welche man bei Aetherisierung in Furchung begriffener *Cyclops*-Eier erhält (Fig. 568 b). Es scheint, daß auch hier, ähnlich wie bei den Teilungsvorgängen der dicystinen Aulacanthiden, auf das zweikernige Stadium, unter Vorantritt des einen Kernes, ein dreikerniges und dann erst ein vierteiliges Stadium folgt.

Auf einem anderen Präparate (Taf. LXXXI, Fig. 569) bestehen die Kerngruppen oder Sporennest-Anlagen bereits aus 4—8 Kernen, und endlich liegen mir drei Serien vor, welche die ganze intrakapsuläre Sarkode mit Nestern von zahlreichen Sporenkernen ausgefüllt zeigen (Taf. LXXXII, Fig. 571). In der Peripherie der Centralkapsel sind die Sporennester senkrecht zur Kapselmembran in die Länge gezogen und weisen im ganzen eine epithelartige Anordnung auf (Taf. LXXXII, Fig. 573, oben), im Centrum der Kapsel sind sie mehr kugelig und in unregelmäßigen Gruppen zusammengehäuft (Fig. 571, 573 unten). Die Gesamtzahl der Sporennester habe ich in einem Fall auf etwa 6000 berechnet.

Das einzelne Sporennest besteht aus einer centralen Alveole und einer plasmatischen Wandung, in welch' letztere die Kerne eingelagert sind (Fig. 573). Die Kerne zeigen meist eine dichtknäuelige Beschaffenheit, doch habe ich in einer Centralkapsel, in welcher der Kernbildungsprozeß noch weniger weit vorgeschritten war, auch pseudoamitosenähnliche Telophasen gefunden (Taf. LXXXII, Fig. 572), und ferner treten, wie schon erwähnt, vereinzelt neben den Sporennestern größere knäuelartige Kerne auf, welche als Sporenmutterkerne zu betrachten sind, die in der Vermehrung zurückgeblieben sind. Die Zahl der Kerne beträgt bei der am weitesten vorgeschrittenen Centralkapsel (Fig. 571) in den einzelnen Nestern 16—35, in der Peripherie der Centralkapsel 40—50. Konkretionen sind auf diesem Stadium nur noch wenige vorhanden.

Ueber die Bedeutung dieser Vorgänge, welche in Textfig. 73 nochmals übersichtlich zusammengestellt sind, habe ich mich schon früher (1907 b) folgendermaßen geäußert:

„Die endgültige Bildung der Schwärmer habe ich nicht beobachtet, ich kann also auch nicht angeben, ob es sich bei diesen Vorgängen um Iso- oder Anisosporenbildung handelt. Die gruppenweise Anordnung und die Strukturverhältnisse der Kerne würden sich am besten mit den Verhältnissen bei der Anisosporenbildung der koloniebildenden Formen und der Thalassicollen in Einklang bringen lassen (R. HERTWIG 1876, BRANDT 1885), und ebenso würde das Gesamtbild im ganzen mit einer von BRANDT (1890) gegebenen, die Anisosporenbildung von *Thalassicolla* darstellenden Skizze übereinstimmen. Indessen habe ich auf keinem Präparate die Differenzierung der zwei Sporenarten wahrgenommen.

Fig. 73. Fortpflanzungszyklus von *Oroscena regalis*. (Etwas schematisiert: Die Alveolen und Konkretionen der Intrasarkode sind nicht eingezeichnet). A Schwärmsporen (bei *Oroscena* noch nicht beobachtet). B Sehr junge Centralkapsel von 0,3 mm Durchmesser; *p* Primärkern mit einschleifigen Chromosomenbläschen. C Aeltere Centralkapsel; der Primärkern *p* mit zwei großen vielschleifigen und mehreren einschleifigen Chromosomenbläschen. D Telophase der Teilung des Primärkerns (Doppelkernstadium). E Differenzierungsstadium; *d* Dauerkern, *g* Geschlechtskern. F Fünfkerniges Stadium; der Dauerkern *d* ist in die Mitte gerückt. G Desintegrations- oder Reduktionsstadium; die Genitalkerne sind in zahlreiche Einzelknäuel (= Sporenmutterzellkerne) zerfallen, welche sich in der ganzen Intrasarkode verteilt haben und zum Teil in Teilung getreten sind. H Sporenbildungstadium; der Primärkern bereitet sich aufs Neue zur Teilung vor.

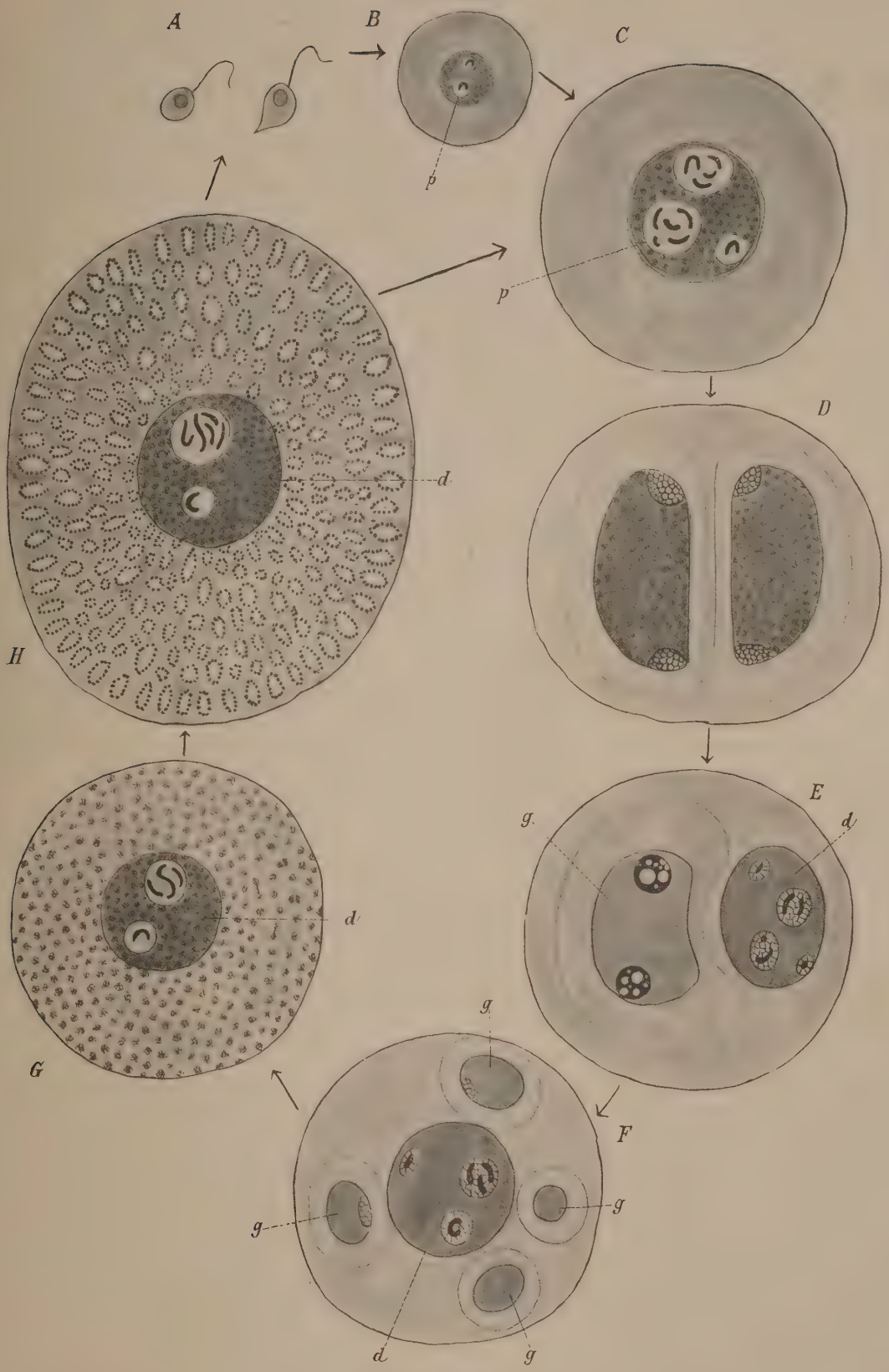


Fig. 73. (Figurenerklärung siehe S. 422.)

„Die hier geschilderten Vorgänge begreifen allerdings nur einen Teil des Fortpflanzungscyklus von *Oroscena* in sich, da die Entwickelung der Spore zum fertigen Radiolar nicht beobachtet wurde. Aber die bisher vorliegende Reihe von Stadien zeigt infolge der Größe der Kerne und Chromosomen so klare und übersichtliche Verhältnisse, wie sie nur bei wenigen anderen Protozoen vorliegen dürften.

„Besonders klar tritt insbesondere die Differenzierung des Primärkerns in einen Geschlechtskern und einen vegetativen Kern hervor. Solche Differenzierungen sind ja von vielen anderen Protozoen bekannt: ich erinnere nur an den Kerndualismus der Ciliaten, an die Befunde von CALKINS (1904) bei *Amoeba proteus,* von GOLDSCHMIDT (1907, 1907a) bei Mastigamöben. Was aber unseren Fall von allen anderen bisher bekannt gewordenen[1]) unterscheidet, ist der Umstand, daß der vegetative Kern oder, wie ich ihn genannt habe, der Dauerkern während der Weiterentwickelung des Geschlechtskernes nochmals die nämliche Serie von Veränderungen wiederholt, welche der Primärkern in den jungen Centralkapseln vor seiner Differenzierung in den Geschlechtskern und Dauerkern durchläuft. Er nimmt an Größe zu, seine Membran verdickt sich, und ebenso ist eine allmähliche Zunahme in der Zahl der Chromosomenbläschen und ein allmähliches Verschmelzen derselben zu mehrschleifigen Teilkernen zu beobachten. Er verhält sich also ganz analog dem Primärkern, und da bei diesem die aufgezählten Veränderungen schließlich zur Teilung führen, so darf man wohl schließen, daß auch der Dauerkern sich abermals zur Teilung vorbereitet. Unterstützt wird diese Auffassung dadurch, daß ich trotz eines reichen Materials aus verschiedenen Oertlichkeiten und Jahreszeiten keinerlei Anzeichen dafür gefunden habe, daß bei den Oroscenen vegetative Teilungsvorgänge mit teilweiser Resorption und Neubildung der Gitterschale vorkommen. Man muß also mit der Wahrscheinlichkeit rechnen, daß das nämliche *Oroscena*-Individuum zu wiederholten Malen in den Prozeß der Sporenbildung eintritt, so wie ein großer Teil der Metazoen zu periodischer Geschlechtszellenbildung befähigt ist. Der Verzicht auf die vegetativen Teilungen und die Beschränkung auf die Sporenbildung würde als eine Anpassungserscheinung zu betrachten sein, welche mit dem Besitz eines mächtig entwickelten, geschlossenen Kieselskelettes im Zusammenhang steht, und es würde also der Uebergang zu der besonderen Fortpflanzungsweise in letzter Linie auf eine Art Kräfteökonomie und auf das Streben nach Materialersparnis zurückzuführen sein.

„Die Vorgänge bei der Sporenbildung von *Oroscena* erinnern weiter sehr an die bei zahlreichen Protozoen beobachteten Chromidien. Insbesondere zeigen sie Anklänge an die Befunde von R. HERTWIG (1902) bei *Actinosphaerium,* von LÉGER (1904) bei Gregarinen *(Stylorhynchus),* von CALKINS (1904) bei *Amoeba proteus,* von SCHAUDINN (1905) bei *Centropyxis* und und von GOLDSCHMIDT (1907) bei Mastigamöben. Nur CALKINS führt die Entstehung der Chromidien auf mehrfache Teilungen und auf eine successive Desintegration des Amöbenkerns zurück, während speciell R. HERTWIG und GOLDSCHMIDT die Entstehung der Chromidien als einen Austritt chromatischer Massen aus dem Primärkern beschreiben. Hier bei *Oroscena* liegt der Fall ähnlich wie bei der von CALKINS untersuchten *Amoeba proteus,* nur daß die chromatischen Teile, in welche sich der Kern desintegriert, die Einzelknäuel oder Chromosomen-

1) Eine gewisse Aehnlichkeit besteht übrigens mit den Myxosporidien, deren Körper bekanntlich bei der Sporenbildung seine selbständige Existenz nicht aufgiebt, sondern vegetiert und weiterwächst. Auch an ein Bild von *Mastigella* bei GOLDSCHMIDT (1907a, Taf. VIII, Fig. 64), welches auf eine periodische Gametenbildung hinweist, wird man erinnert.

anlagen des Primärkerns darstellen und also im Primärkern bereits als selbständige Elemente oder Individuen vorgebildet sind.

„Ich komme noch kurz auf einen dritten Punkt zu sprechen. Offenbar ist die der Sporenbildung von *Oroscena* vorangehende Desintegration des Geschlechtskerns, wie schon erwähnt wurde, als ein Reduktionsprozeß in großem Stil anzusehen, d. h. es findet, kurz gesagt, eine Verteilung, ein Auseinanderweichen von Chromatinelementen ohne vorangegangene Längsspaltung statt. Man darf also diesen Desintegrationsvorgang zunächst mit den Reduktionsteilungen bei anderen Protozoen vergleichen. Nun hat man aber, seit Schaudinn, Prowazek und Prandtl das Vorkommen von Reduktionsteilungen bei der Gametenbildung verschiedener Protozoen nachgewiesen haben, noch mehr als früher ein Recht, die vorbereitenden Teilungsvorgänge, welche bei den Protozoen der Gameten-, bezw. Geschlechtskernbildung vorangehen, zu den Reifungserscheinungen bei den höheren Kryptogamen, bei Phanerogamen und Metazoen in Beziehung zu bringen."

Wenn aber wirklich alle diese Erscheinungen zusammengehören, wenn man insbesondere ein Recht hat, die Desintegrationsvorgänge bei *Oroscena* mit den Reifungsvorgängen bei höheren Organismen in Parallele zu bringen, so wird man zu der Vermutung geführt, es möchte in Vorgängen, welche ähnlich den bei *Oroscena* beobachteten sind, die von vielen gesuchte phylogenetische Wurzel der Reduktionsprozesse liegen, d. h. man würde anzunehmen haben, daß die höheren Organismen mit kleiner, streng fixierter Chromosomenzahl einen rudimentären Sporenbildungsprozeß benutzt haben, um die gewünschte Halbierung der Chromosomenzahl in einer streng gesetzmäßigen Weise zu bewerkstelligen.

Horizontalverbreitung. Orosphäriden sind vom „Challenger" in allen Teilen des Atlantik und Pacifik, namentlich in den centralen Gebieten des letzteren, gefischt worden. Auch Funde aus der Gegend von Madagaskar und Sansibar werden von Haeckel erwähnt. Der „National" hat sodann *Oroscena regalis* in 2 Exemplaren aus der Irmingersee erhalten (Borgert, 1901a), und die „Valdivia" erbeutete ein sehr reichliches, derselben Großart zugehöriges Material im tropischen und südlichen Atlantik, in der Antarktis und in allen von ihr befahrenen Gebieten des Indik. Aus dem Mittelmeer sind bisher keine Funde bekannt (Borgert, 1901), im übrigen scheinen aber die Orosphäriden, wie aus obiger Zusammenstellung hervorgeht, eine sehr weite Verbreitung zu haben und in nahezu allen kalten und warmen Meeresgebieten vorzukommen.

Eigentümlich ist die schon von Borgert (1892) und mir (1904) hervorgehobene gleichmäßige Verteilung der Individuen. So enthielt auf der südlichen Hälfte der Reiseroute des „National" fast jeder Fang einzelne, meist 1—5, Orosphäriden, und ebenso war im „Valdivia"-Material eine gleichmäßige Verteilung der Individuen auf die einzelnen Stationen wahrzunehmen.

Vertikalverbreitung. Sämtliche vom „Challenger" erbeuteten Fragmente und vollständigen Exemplare wurden mit sehr tiefgehenden Netzzügen erbeutet, besonders häufig fanden sich Bruchstücke im Radiolarienschlamm einiger pacifischer Sationen (namentlich 265 und 268) in Tiefen von 2900 Faden. Nur die von Kapitän Rabbe bei Madagaskar gefischte *Orosphaera furcata* soll angeblich aus den Oberflächenschichten stammen, was aber schon von Haeckel bezweifelt wird.

In den Schließnetzzügen des „National" fanden sich keine Orosphäriden (Borgert, 1903, S. 734), dagegen enthielt das Schließnetzmaterial der „Valdivia" einige Stücke:

Station 132 (Antarktis).	2500—1900 m.	1 Exemplar mit mittlerem Maschentypus.	Durchmesser der Centralkapsel 0,35 mm.
„ 136 (Antarktis).	1500— 400 m.	1 Exemplar mit mittlerem Maschentypus.	Durchmesser der Centralkapsel 0,8 mm.
„ 170 (südlicher Indik).	1700—1000 m.	1 Exemplar von derbem Maschentypus (Basalfläche mit großen Maschen, aber derben Balken).	Durchmesser der Centralkapsel 0,73 mm.
„ 228 (nördlicher Indik).	420— 350 m.	1 Exemplar von mittlerem Maschentypus (Apikal- und Basalfläche etwas ungleichmaschig).	Durchmesser der Centralkapsel 0,6 mm.

Diese leider nur spärlichen Befunde weisen übereinstimmend darauf hin, daß die Orosphäriden, wie dies schon HAECKEL vermutet hat, Bewohner der tieferen Meeresregionen sind und also zu den skoto- und nyktoplanktonischen Formen gehören. Eine Stütze für diese Auffassung bildet einerseits der Umstand, daß bisher in den Oberflächenschichten keine Exemplare gefunden wurden (abgesehen von dem oben erwähnten unsicheren Fund bei Madagaskar), andererseits die bedeutende Größe und die Derbheit der Skelettstrukturen.

Systematik. HAECKEL hat unter den Formen der „Challenger"-Ausbeute nicht weniger als 4 Gattungen und 27 Species unterschieden. Diese auffallend große Zahl von Formen kann vielleicht durch den Umstand erklärt werden, daß die Orosphäriden „im allgemeinen selten und auf wenige Oertlichkeiten beschränkt sind, und daß wahrscheinlich alle Species Bewohner von großen Meerestiefen sind". Die Gattungen sind nach HAECKEL nahe verwandt und unterscheiden sich hauptsächlich in der äußeren Gestalt der Gitterschale: Die Gattung *Oroscena*, die „ancestral form" der Familie (mit 3 Arten), besitzt eine glatte Gitterschale ohne jegliche Radialstacheln, die Gattung *Orosphaera* (mit 11 Arten) ist durch den Besitz von Radialstacheln unterschieden, in der Gattung *Oroscena* (mit 8 Arten) sind die Basen der letzteren pyramidenförmig ausgezogen, und in der Gattung *Oroplegma* (mit 5 Arten) ist die Gitterschale von einem lockeren, spongiösen Balkenwerk umhüllt, welches durch Anastomosierung der Seitenäste der Radialstacheln zu stande kommt. Die Gattungen *Orosphaera* und *Oroscena* werden in je zwei Untergattungen zerlegt, je nachdem die Radialstacheln einfach oder baumförmig verästelt sind (*Oronium*, *Orothamnus*, bezw. *Oroscenium*, *Orodendrum*), die letzte Gattung *Oroplegma* wird ebenfalls in 2 Subgenera gespalten, je nachdem die äußere Schale „a simple fenestrated lamella, forming an outer concentric lattice-sphere" oder „a complex framework, forming an outer spongy envelope" darstellt. Bei der Diagnose der einzelnen Arten kommt im HAECKEL'schen System hauptsächlich die Form der Radialstacheln (Cylinder- oder Spindelform, gerader oder gekrümmter Verlauf), ihre Oberflächenbeschaffenheit (glatte, bedornte oder getüpfelte Oberfläche) und Verzweigungsweise in Betracht. Speciell die Arten der Gattung *Orosphaera* sollen nahe verwandt sein „and require a further accurate examination".

BORGERT (1901a) hat sodann aus dem Material des „National" einige Formen beschrieben, bei welchen die Gitterschale eine deutlich monaxon-ungleichpolige Gestalt mit gewölbter Apical- und mehr abgeplatteter Basalfläche besitzt und die Radialstacheln in unregelmäßigen Kreisen um die Hauptachse herum gestellt sind. BORGERT fand auch, daß die Radialstacheln der Apikalfläche und diejenigen des Basalflächenrandes ungleich ausgebildet sind, daß sie an der Basalfläche selber fehlen und daß die Schale zwischen den Radialstacheln mit kürzeren, feinen, dornigen Nebenstacheln besetzt ist (vergl. Textfig. 64).

Das Material der „Valdivia" enthielt im ganzen etwa 150 vollständige Exemplare, welche durchweg die wesentlichen Charaktere der BORGERT'schen *Oroscena regalis* aufweisen. Allerdings zeigen sie je nach der Beschaffenheit der Gitterbalken und Radialstacheln

sehr zahlreiche Abweichungen vom Typus der *Oroscena regalis*, indem sie sich bald mehr dem Typus der Haeckel'schen Gattung *Orosphaera* nähern, bald die charakteristischen Merkmale von *Oroscena* und *Oroplegma* zeigen. Aber alle diese verschiedenen Varianten sind durch Uebergänge verbunden, derart, daß man mitunter an einer und derselben Station vollständige, von einem Extrem zum anderen führende Reihen finden kann, und es besteht also kein Zweifel, daß es sich durchweg um Individualvarianten oder um Entwickelungszustände einer und derselben Großart handelt.

Das eine Extrem bilden Formen mit sehr großen (bis 0,15 mm langen), eckigen Maschen und verhältnismäßig dünnen, meist ziemlich reichbedornten Balken, mit cylindrischen, glatten oder schwach bedornten Apikal- und ebensolchen, schwach verzweigten und nicht anastomosierenden Basalstacheln, sowie mit wenigen Nebendornen. Von diesem zartmaschigen Typus (Textfig. 65) führen nun alle Uebergänge (Textfig. 66) zu einem derbmaschigen Typus (Textfig. 67): die Balken werden dicker, ihre Bedornung verschwindet, gleichzeitig werden die Maschenlücken kleiner und bekommen eine rundliche Form; ferner bekommen die Apikalstacheln eine mehr keulenförmige Gestalt und eine kräftigere Bedornung, während die Basalstacheln eine reichlichere Verzweigung erhalten und miteinander in Anastomose treten; endlich nimmt auch die Zahl der Nebendornen mehr und mehr zu. Derartige derbmaschige Formen sind nun ihrerseits wieder durch Uebergänge mit Formen von ausgesprochenem *Oroplegma*-Typus (Textfig. 71) verbunden, indem die Anastomosen der Basalstacheln ein geschlossenes Ringgeländer bilden, welches bei Ansicht von der Apikal- oder Basalseite her wie eine zweite äußere Gitterschale erscheint.

Im ganzen gehen demnach folgende Veränderungen Hand in Hand: Zunahme der Balkendicke, Schwund der Bedornung, Verkleinerung und Abrundung der Maschenlücken, Verdickung der Apikalstacheln, stärkere Verästelung der Basalstacheln, Anastomosenbildung. Indessen können einzelne Merkmale des derbmaschigen Typus auch bei ausgesprochen zartmaschigen Individuen auftreten, so die Derbheit und keulenartige Form der Apikalstacheln und die verhältnismäßig glatte (unbedornte) Beschaffenheit der Gitterbalken. Ganz unabhängig von den übrigen Merkmalen tritt jedenfalls die Pyramidenbildung auf: es können sowohl extrem zartmaschige, als auch derbschalige Individuen mit Pyramiden ausgestattet sein, oder derselben entbehren.

Es wurde schon oben (S. 414) die Möglichkeit angedeutet, daß die zartmaschigen Individuen mit großen, eckigen Maschenlücken und mit schlanken, stabartigen Radialstacheln jüngere Entwickelungsstadien der derbmaschigen Zustände darstellen. Wie dem aber auch sei, jedenfalls treten daneben auch zahlreiche Individualvarianten, und zwar offenbar unabhängig von der geographischen Verbreitung, auf, und es dürfte daher vorderhand am zweckmäßigsten sein, zunächst ohne Berücksichtigung eines möglichen entwickelungsgeschichtlichen Zusammenhanges, eine Gliederung der Großart in eine Anzahl von Typen vorzunehmen. Wir können vielleicht am besten unterscheiden einen zartmaschigen Typus *(O. regalis gracilis)*, einen mittleren *(O. r. intermedia)*, einen derben *(O. r. robusta)* und einen *Oroplegma*-Typus *(O. r. oroplegmoides)*. Mit diesen Typen, deren genauere Diagnose weiter unten folgen soll, sind wohl eine ganze Anzahl der Haeckel'schen Arten zu vereinigen, insbesondere die atlantischen Formen (s. unten). Unter den pacifischen Formen dürften allerdings einige einen selbständigeren Charakter haben, so wahrscheinlich *Orosphaera horrida* (Rep., p. 1596, Taf. CVI, Fig. 2) mit ihren mächtigen, keulenförmigen, in ihrer Proximalhälfte mit gebogenen

Dornen bewehrten Radialstacheln, und ebenso *Oroscena Gegenbauri* (Rep., p. 1597, Taf. CVI, Fig. 4) mit keulenförmigen, an der Oberfläche elegant skulpturierten Radialstacheln. Ob freilich diese Formen in Wirklichkeit, wie HAECKEL sie abbildet, homaxon und nicht vielmehr ebenfalls ungleichpolig-monaxon sind, muß bei der offenbar sehr nahen Verwandtschaft, welche alle Angehörigen dieser Radiolariengruppe zeigen, bezweifelt werden.

Gattung. *Oroscena* HAECKEL.

Orosphäriden mit mehr oder weniger stark pyramidenförmig ausgezogenen Stachelbasen.

Oroscena regalis BORGERT.

Taf. LXXVI, Fig. 541, 542; Taf. LXXVII, Fig. 548; Taf. LXXVIII—LXXXII; Textfig. 64—73.

? Hexactinellida dictyonina MARTIN DUNCAN, 1881, Journ. Roy. Micr. Soc., p. 175, Taf. III, Fig. 4, 6.
Oroscena duncanii HAECKEL, Rep., p. 1599, und wahrscheinlich andere *Oroscena*-Arten.
Oroscena regalis BORGERT, 1901 a, S. 9, Fig. 8.

Schale leicht polyedrisch, monaxon-ungleichpolig, mit gewölbter Apikal- und abgeplatteter Basalfläche, mit unregelmäßigen, meist viereckigen Maschenlücken und bedornten Balken. Stachelbasen mehr oder weniger pyramidenförmig ausgezogen.

Radialstacheln der apikalen Fläche kürzer als der Schalendurchmesser, cylindrisch bis keulenförmig, mit dorniger Oberfläche, am Scheitel selber in einer Gruppe von zweien oder dreien (Apikalgabel), im übrigen in mehreren unregelmäßigen Kränzen um die Hauptachse angeordnet. Die Radialstacheln am Rande der Basalfläche (Basalstacheln) länger als der Schalendurchmesser, mit verzweigten und bedornten Seitenästen besetzt, zuweilen untereinander anastomosierend.

Höhe der Gitterschale 1,4—1,5 mm, größte Breite 1,6—1,8 mm (nach BORGERT Durchmesser der Gitterschale 1,7—2,3 mm), Länge der Basalstacheln 2—2,2 mm, größter Durchmesser des gesamten Tieres 4—4,5 mm.

Varianten. In dem mir vorliegenden Material befinden sich sehr zahlreiche Varianten, die aber alle durch Uebergänge verbunden sind (siehe S. 427). Ich möchte darnach vier Haupttypen unterscheiden:

a) Zartmaschiger Typus (*Oroscena regalis gracilis* [Textfig. 65]) mit großen (bis zu 0,15 mm langen), polygonalen (meist viereckigen) Maschenlücken und sehr zarten, meist reichlich bedornten Balken (abgesehen von den derberen, die Stachelbasen verbindenden Rippen haben die Balken eine Dicke von 0,002—0,01 mm), mit meist cylindrischen, glatten oder schwach bedornten Apikal- und ebensolchen, schwach verzweigten und nicht anastomosierenden Basalstacheln, mit wenigen Nebenstacheln.

b) Mittlerer Typus (*O. regalis intermedia* [Textfig. 64, 66]), mit engeren, aber immer noch polygonalen Maschen und mit kräftigeren, bedornten Balken. Maschenweite der apikalen Seite meist verschieden von derjenigen der Basalfläche.

b) Derber Typus (*O. regalis robusta* [Textfig. 67, Taf. LXXVI, Fig. 541, 542]), mit rundlichen Maschenlücken und derben (meist 0,1—0,3 mm dicken), wenig bedornten Balken.

Apikalstacheln keulenförmig, kräftig bedornt, Basalstacheln sehr stark verzweigt, zum Teil miteinander anastomosierend. Zahlreiche Nebenstacheln.

d) *Oroplegma*-Typus (*O. regalis oroplegmoides* [Textfig. 71]). Im ganzen vom Habitus des derben Typus, jedoch sind sämtliche Basalstacheln miteinander anastomotisch verbunden, so daß sie ein „Ringgeländer" bilden (S. 427).

Die einzelnen Typen treten unabhängig von der Oertlichkeit auf, es konnten daher an den meisten Stationen mehrere Typen bezw. verschiedene Zwischenstufen gleichzeitig gefunden werden. So gehörten von 9 in Station 32 (canarische Strömung) gleichzeitig gefischten Exemplaren 2 dem sehr zarten Typus, 2 dem mittleren und die übrigen verschiedenen Stufen des derben und des *Oroplegma*-Typus an. Aehnliche Verhältnisse bestehen in der Antarktis, insbesondere konnte hier kein Ueberwiegen der derberen, struppigen Typen festgestellt werden, wie dies für verschiedene Tripyleen (Aulacanthiden und Cölodendriden) gilt.

Möglicherweise stellen die sehr zarten Typen frühere Entwickelungsstadien der derberen dar (s. oben S. 414).

Sehr wahrscheinlich sind mehrere der von Haeckel aufgestellten Arten, insbesondere die atlantischen und indischen Formen mit der Großart *Oroscena regalis* zu vereinigen. Insbesondere dürfte *Orosphaera spinigera* (nördlicher Atlantik), *O. ramigera* (südlicher Atlantik) dem Typus A, *Oroscena Huxleyi* (nördlicher Atlantik) dem Typus B, *Orosphaera confluens* (tropischer Atlantik) und *arborescens* (südlicher Atlantik), sowie *Oroscena Duncanii* (südlicher Atlantik) dem Typus C und *Oroplegma giganteum* (tropischer Atlantik) dem Typus D entsprechen. Da Haeckel anscheinend nur wenige vollständige Exemplare zur Verfügung hatte (Rep., p. 1591), so entging ihm vor allem die ungleiche Ausbildung der Apikal- und Basalstacheln, so daß er dazu gelangen mußte, Bruchstücke mit verschieden geformten Radialstacheln ohne weiteres verschiedenen Arten zuzuweisen.

Fundorte: Atlantik, Indik, ?Pacifik (Haeckel); Irmingersee (Borgert, 1901 a); T.-St. 32 (canarische Strömung, V., Typus A—D, zahlreich), 39 (Guineastrom, V.), 50 (Südäquatorialstrom, V.), 54, 55 (Guineastrom, V.), 66 (Golf von Guinea, V.), 73, 89, 90, 91 (Benguelastrom, V.), 112 (Agulhasbank, V.), 117, 120 (Westwindtrift, V.), 132 (Antarktis, S. 2500—1900), 135 (Antarktis, V.), 136 (Antarktis, S. 1500—400), 142 (Antarktis, V.), 170 (südlicher Indik, S. 1700—1000), 182 (südlicher Indik, V.), 213, 215, 217, 218, 221, 223 (nördlicher Indik, V.), 228 (nördlicher Indik, S. 420—350), 236, 237, 239, 268 (nördlicher Indik, V.).

Horizontal- und Vertikalverbreitung. *Oroscena regalis* kommt mindestens in allen Teilen des Atlantik und Indik, ferner in den nördlichen Mischgebieten des Atlantik (Irmingersee) und in der Antarktis vor, wahrscheinlich auch im Pacifik, wo sie aber zum Teil durch specialisierte Formen *(Orosphaera horrida, Oroscena Gegenbauri)* vertreten zu sein scheint. Nach den bisherigen Untersuchungen gehört *Oroscena regalis* der skoto- und nyktoplanktonischen Fauna an.

III. Tiefenbewohnende Mikroradiolarien
(Sphärellarien und Cyrtellarien).

Während die Mehrzahl der Tripyleen oder Phäodarien und unter den Collodarien wenigstens einige große, mit starkem Skelett ausgestattete monozoe Formen ausgeprägte

Tiefenbewohner sind, wird von den kleinen Formen aus den Gruppen der Sphärellarien, Nassellarien und Acantharien, die man in ihrer Gesamtheit als Mikroradiolarien bezeichnen kann, in der Regel angenommen, daß sie zu den charakteristischen Bestandteilen des Oberflächen-Planktons gehören. Indessen hat mich die Untersuchung der Schließnetzfänge der „Valdivia"-Ausbeute zu dem Ergebnis geführt, daß es auch unter den Sphärellarien und innerhalb der Nassellariengruppe der Cyrtellarien nicht wenige Formen giebt, welche ausgesprochene Tiefenbewohner sind und so als Begleiter der skoto- und nyktoplanktonischen Challengeriden und anderer Tripyleen in Tiefen von 400—5000 m vorkommen.

Als Kriterium dafür, daß man eine Form als tiefenbewohnend zu bezeichnen hat, möchte ich es betrachten, wenn sie, womöglich in größerer Individuenzahl, mit vollständiger Centralkapsel in tiefer gehenden Schließnetzfängen erbeutet worden ist, während sie in den Schließnetz- und Planktonfängen aus den oberen Regionen nicht vorkommt, bezw. durch nahe verwandte, anders gestaltete Formen vertreten wird.

Ausschlaggebend ist jedenfalls der Besitz einer Centralkapsel. Da nämlich die speciell an Collodarien und Sphärellarien gemachten Erfahrungen darauf hinweisen, daß das Leben des einzelnen Individuums mit dem Platzen der Centralkapsel und dem Ausschwärmen der Sporen (bezw. des letzten Sporen-„Satzes") abschließt, so wird man berechtigt sein, auch bei anderen Formengruppen Individuen mit vollständiger Centralkapsel als vollkommen lebenskräftig zu bezeichnen. Werden also solche Individuen in größeren Meerestiefen, zumal in beträchtlicher Anzahl, gefunden, so wird man wohl mit der Annahme schwerlich fehlgehen, daß sie normalerweise hier zu Hause sind.

In vielen Fällen wird die Auffassung, daß eine Form eine Tiefenbewohnerin ist, dadurch erheblich gestützt, daß das Skelett gewisse Merkmale aufweist, durch welche auch bei den Tripyleen die tiefenbewohnenden Formen von den Oberflächenbewohnern unterschieden sind. Dahin gehört vor allem die derbe Beschaffenheit der Skelettteile, ein Merkmal, welches speciell die tiefenbewohnenden Challengeriden (vergl. Taf. XLIX, Fig. 377) in so charakteristischer Weise kennzeichnet und bei einer ganzen Reihe der hier zu beschreibenden Sphärellarien und Cyrtellarien wiederkehrt. So sind z. B. *Acanthosphaera hirsutissima* (Taf. LXXXIII, Fig. 574, 575), *Ellipsoxiphium palliatum* (Taf. LXXXIV, Fig. 587), *Lamprocyclas maritalis* (Taf. LXXXV, Fig. 594, 595) und die beiden antarktischen Formen *Saccospyris antarctica* (Taf. LXXXIV, Fig. 590) und *Peromelissa denticulata* (Taf. LXXXIV, Fig. 582) durch eine ganz ungewöhnliche Schalendicke, bezw. durch die Derbheit der übrigen Skelettstrukturen gekennzeichnet.

Daß auch bei diesen Mikroradiolarien die Massigkeit des Skelettes wirklich mit dem Aufenthalt in größeren Meerestiefen im Zusammenhang steht, tritt dann besonders deutlich hervor, wenn sich in den oberen Schichten der nämlichen oder benachbarter Stationen ähnliche Formen von sehr dünner Schalenwandung vorfinden, so wie dies z. B. bei den von der „Valdivia" gefischten Stylosphäriden und bei *Lamprocyclas* der Fall war.

Ein anderes Merkmal, welches die in den Tiefen aufgefundenen Sphärellarien und Cyrtellarien mit vielen ausgesprochenen Tiefenbewohnern aus der Gruppe der Tripyleen gemein haben, ist die Reduktion des Schwebeapparates. So ist z. B. bei der tiefenbewohnenden *Acanthosphaera hirsutissima* (Taf. LXXXIII, Fig. 574, 575), im Gegensatz zu den wohlbekannten, außerordentlich zierlichen Astrosphäriden des Oberflächenplanktons, keine Differenzierung einzelner

radialer Skelettteile zu Schwebeapparaten wahrzunehmen, vielmehr finden wir, ganz wie bei manchen skoto- und nyktoplanktonischen Castanelliden, die Schale von einem gleichmäßigen Mantel von dünnen Nebendornen besetzt.

Wie ferner bei den Challengeriden und anderen Tripyleen der Uebergang zur Linsengestalt und die Ausbildung strahliger oder kielförmiger Randstrukturen ein besseres Durchschneiden des Wassers und somit die Ausdehnung der vertikalen Wanderung in beträchtliche Meerestiefen zu begünstigen scheint, so findet man auch unter den in der Tiefe gefischten Sphärellarien und Cyrtellarien verschiedene Formen mit seitlich zusammengedrückter Schale und zugeschärftem Schalenrande. So sei z. B. auf *Heliodiscus asteriscus* (Taf. LXXXIII, Fig. 579) hingewiesen, dessen scheibenförmige Außenschale mit einem Kranz von derben Radialstacheln ausgestattet ist, deren Enden ohne Zweifel einen kielförmig verjüngten Weichkörpersaum tragen. In die gleiche Kategorie dürfte auch *Saturnalis aureolatus* (Taf. LXXXIV, Fig. 581) zu stellen sein, dessen derber Außenring wohl als eine extrem entwickelte Kielbildung zu betrachten ist.

Endlich scheint mir auch die Anhäufung phäodellenartiger Inhaltskörper, wie sie sich bei manchen in größeren Tiefen erbeuteten Formen finden (vergl. Taf. LXXXIII, Fig. 574, 577; Taf. LXXXIV, Fig. 584), ein Hinweis darauf zu sein, daß die betreffenden Arten thatsächlich normalerweise in größeren Meerestiefen vorkommen. Erinnern doch derartige Vorkommnisse sehr an die Bilder, welche speciell die tiefenbewohnenden Challengeriden, Conchariden und andere Tripyleen zeigen!

Wie für die Tripyleen, so gilt selbstverständlich auch für unsere Mikroradiolarien der Satz, daß, mit Ausnahme vielleicht der Derbwandigkeit und des Weichkörperinhalts, die aufgezählten Charaktere nur ganz im allgemeinen und innerhalb gewisser Grenzen Attribute der Tiefenformen sind und daß nur bei einem Vergleich der zu einer engeren Gruppe gehörigen Formen die morphologischen Gegensätze zwischen Tiefen- und Oberflächenformen deutlich zu Tage treten. Speciell die Derbwandigkeit scheint mir allerdings, soweit ich meinem Material entnehmen kann, für die Tiefenformen ein Charakterzug κατ' ἐξοχήν zu sein, und zwar dürfte dies mit verschiedenen Faktoren zusammenhängen. Erstens besitzt nach den bei den Tripyleen gemachten Erfahrungen der Weichkörper der Tiefenformen ganz allgemein eine derbere Beschaffenheit als das Protoplasma und die Gallerte der Oberflächenbewohner, und darin dürfte, schon aus inneren konstitutionellen Gründen, eine mächtigere Entfaltung der Skelettsubstanzen begründet sein; zweitens fällt offenbar für die Tiefenformen wegen der bedeutenderen Dichtigkeit und Zähigkeit des Wassers das Bedürfnis einer weitgehenden Gewichts- und Materialersparnis fort, und es ist ihnen daher ermöglicht, sich im Interesse eines größeren Schutzes mit einem massiven Skelett zu versehen.

Sehr auffällig ist die Thatsache, daß bei den als Tiefenbewohner anzusehenden Sphärellarien und Cyrtellarien so häufig eine äußere Gitterschale (sekundäre Rindenschale) zur Entwickelung kommt. Bei nicht weniger als sechs der hier zu beschreibenden und mit Wahrscheinlichkeit als Tiefenformen anzusprechenden Arten aus sehr verschiedenen Gruppen trägt nämlich die derbe, primäre Rindenschale einen Besatz von Dornen, deren Spitzen miteinander durch tangentiale Verästelungen anastomosieren und so eine mehr oder weniger vollständige, äußere Umhüllung (sekundäre, äußere Rindenschale) bilden. Es sind dies: *Hexacromyum elegans* (Textfig. 75), *H. robustum* (Textfig. 77), *Ellipsoxiphium palliatum* (Taf. LXXXIV, Fig. 587),

Saturnalis aureolatus (Taf. LXXXIV, Fig. 581), *Hexalodus dendrophorus* (Taf. LXXXV, Fig. 593) und *Cinclopyramis gigantea* (Taf. LXXXV, Fig. 599).

Welche Bedeutung diesen Konvergenzbildungen zukommt, ist schwer zu sagen. Man wird vielleicht daran denken können, daß entsprechend der derberen, massigeren Beschaffenheit des Protoplasmas der tiefenbewohnenden Formen (vergl. S. 249) auch die Pseudopodien und der Pseudopodienmutterboden eine mächtigere Entwickelung zeigen und daß dem letzteren in Gestalt der sekundären Rindenschale ein stärkerer Halt geboten werden soll.

Systematik. Die in den Schließnetzfängen in offenbar lebendem Zustand erbeuteten Formen gehören, mit wenigen Ausnahmen, zwei größeren natürlichen Verbänden an.

Auf der einen Seite sind es Sphärellarien, und zwar „Sphäroideen“ mit kugeliger oder leicht ellipsoidischer, derbwandiger Rindenschale und mit kräftigem Dornenbesatz. Bei einer dieser Formen, *Acanthosphaera* (Taf. LXXXIII, Fig. 574, 575), sind außer den langen, kräftigen Dornen keine stärkeren Radialstacheln differenziert, während bei den übrigen die letzteren in verschieden großer Zahl entwickelt sind. Ich bin geneigt, ähnlich wie bei den Castanelliden (S. 153), die Formen mit vollkommen gleichmäßiger Bedornung *(Acanthosphaera)* als die am wenigsten specialisierten, diejenigen mit einer größeren, zum Teil wechselnden Zahl von Radialstacheln (*Haliomma* u. s. w.) als abgeleitete und endlich diejenigen mit einer streng fixierten Zahl (12, 6, 2) als die am meisten differenzierten zu betrachten. Darnach würde die Entwickelung von *Acanthosphaera* (Taf. LXXXIII, Fig. 574) über *Haliomma* (Textfig. 74) zu den Cubo- (Taf. LXXXIII, Fig. 576) und Stylosphäriden (Taf. LXXXIV, Fig. 587) führen. Centralkapsel und Kern haben in der Regel eine kugelige Gestalt, nur in einem Fall, bei *Xiphatractus radiosus* (Textfig. 80), glaubte ich die bei zahlreichen oberflächenbewohnenden Astrosphäriden vorkommende viellappige Form der Centralkapsel feststellen zu können. Der mit phäodellenähnlichen Nahrungsballen angefüllte Weichkörper ist beim konservierten Material stets stark zusammengezogen und zeigt in der Regel eine befranste Oberfläche (Textfig. 80 u. a.).

Die zweite Hauptgruppe von Tiefenbewohnern wird gebildet durch eine Reihe von Cyrtellarien mit zwei- oder dreigliedriger derbwandiger Gitterschale und mit drei- oder vierlobiger Centralkapsel, welche mittelst einer zwischen dem obersten und folgenden Schalenglied (Cephalis und Thorax) befindlichen Siebplatte suspendiert ist und mit ihren Loben in den thorakalen Schalenabschnitt herabhängt. Je nachdem das obere Schalenglied, die Cephalis, durch eine deutliche sagittale Einschnürung in zwei Logen zerlegt wird (*Saccospyris* Taf. LXXXIV, Fig. 590) oder nur eine einfache Kammer darstellt (*Peromelissa*, Taf. LXXXIV, Fig. 591 u. a.), gehören die betreffenden Formen im künstlichen System zu den „Spyroideen“ oder zu den „Cyrtoideen“, und ebenso würden die letzteren, je nachdem die Cephalis deutlich gegen den Thorax abgegrenzt ist oder nicht, zu sehr verschiedenen Abteilungen des künstlichen Systems zu stellen sein. Doch treten bezüglich der feineren Skelettstrukturen ziemlich weitgehende Uebereinstimmungen hervor, insbesondere dürften die „Spyroidee“ *Saccospyris antarctica* (Taf. LXXXIV, Fig. 590) und die „Cyrtoidee“ *Peromelissa denticulata* (Taf. LXXXIV, Fig. 591) einander sehr nahestehen, wie die Beschaffenheit des Innenskelettes zeigt, und ebenso möchte ich die Beziehungen der Lamprocycladiden (Taf. LXXXV, Fig. 593—598) und der Plectopyramididen (Taf. LXXXIV, Fig. 592; Taf. LXXXV, Fig. 599) für sehr enge halten. Auch die starke Bedornung der apikalen Schalenabschnitte kehrt bei einer Reihe von Formen aus diesen verschiedenen

Gruppen wieder, so bei *Peromelissa* (Taf. LXXXIV, Fig. 591), *Hexalodus* (Taf. LXXXV, Fig. 593), *Cinclopyramis* (Taf. LXXXV, Fig. 599), und dasselbe gilt für den thorakalen, vielfach rudimentären Achsenstab. Man vergleiche *Saccospyris* (Taf. LXXXIV, Fig. 590), *Peromelissa* (Taf. LXXXIV, Fig. 591) und *Lamprocyclas* (Taf. LXXXV, Fig. 594). Spätere Untersuchungen werden zeigen, ob alle diese Gruppen, deren nähere Zusammengehörigkeit man zur Zeit mehr empfinden als beweisen kann, wirklich durch eine engere Verwandtschaft verbunden sind.

Während sich also die Mehrzahl der zu besprechenden Formen auf zwei Hauptgruppen verteilt, nehmen einige andere Arten eine mehr isolierte Stellung ein, nämlich die Sphärellarie *Heliodiscus asteriscoides* (Taf. LXXXIII, Fig. 580) und die Cyrtellarie *Triceraspyris antarctica* (Taf. LXXXIV, Fig. 586).

Bemerkenswert ist der Umstand, daß von der zweiten Hauptgruppe der Nassellarien, den Plectellarien, bisher keine Formen in größeren Tiefen gefunden wurden.

Nahezu alle in den Tiefen gefundenen Formen stimmen nun noch in einem Punkt überein, nämlich in Bezug auf ihr paläontologisches Alter. Man kann in der That zeigen, daß fast sämtliche Formen entweder schon aus jurassischen, kretaceischen und tertiären Ablagerungen bekannt oder in letzteren durch sehr nahestehende Formen vertreten sind.

Die folgende Tabelle bringt dieses Verhältnis in übersichtlicher Weise zum Ausdruck:

	Vermutliche Vertikalverbreitung und Beschaffenheit der Schale	Entsprechende fossile Formen[1])
a) Sphärellarien:		
Acanthosphaera hirsutissima n. sp. (Taf. LXXXIII, Fig. 574, 575)	Skoto- bis nyktoplanktonisch; sehr derbwandig	? Verschiedene *Cenosphaera*-Arten aus Jura, Kreide und aus dem Tertiär Siciliens
Hexacontium pachydermum JÖRGENSEN (Taf. LXXXIII, Fig. 576)	Knepho- bis skotoplanktonisch; derbwandig	Formen aus dem Tertiär Siciliens; von STÖHR zu *Haliomma* und *Actinomma* gestellt
Hexacromyum elegans HAECKEL und *robustum* n. sp. (Textfig. 75, 77)	Vermutlich tiefenbewohnend; sehr derbwandig	Entsprechende fossile Formen bisher nicht bekannt
Xiphostylus dendrocopus n. sp. (Textfig. 79)	Skoto- bis nyktoplanktonisch; sehr derbwandig	Eine *Xiphostylus*-Art aus dem Tertiär von Barbados bekannt
Ellipsoxiphium palliatum HAECKEL (Taf. LXXXIV, Fig. 587)	Skoto- bis nyktoplanktonisch; sehr derbwandig	Verwandte Formen ohne sekundäre Rindenschale (*Ellipsoxiphus* DUNIKOWSKI) sind aus dem alpinen Lias und dem Tertiär von Barbados bekannt
Stylatractus carduus (EHRENBERG) (Textfig. 80)	Skoto- bis nyktoplanktonisch; ziemlich derbwandig	Aus dem Tertiär von Barbados bekannt
Xiphatractus radiosus (EHRENBERG) (Taf. LXXXIV, Fig. 588)	Wahrscheinlich tiefenbewohnend; sehr derbwandig	Aus dem Tertiär von Barbados, ähnliche Formen aus dem *Aptychus*-Schiefer und anderen jurassischen (postliassischen) Ablagerungen bekannt
Saturnalis aureolatus n. sp. (Taf. LXXXIV, Fig. 581; Textfig. 82)	Nyktoplanktonisch?	*Saturnalis*-Arten sind aus dem Tertiär von Barbados und der Nikobaren bekannt (Rep., p. 132)
Heliodiscus asteriscoides n. sp. (Taf. LXXXIII, Fig. 578—580)	Knephoplanktonisch bis nyktoplanktonisch	*Heliodiscus*-Arten sind aus dem Tertiär von Barbados, Aegina und Sicilien, sowie aus dem jurassischen *Aptychus*-Schiefer bekannt

1) Es standen mir hauptsächlich die älteren Arbeiten von EHRENBERG, STÖHR und RÜST zur Verfügung.

	Vermutliche Vertikalverbreitung und Beschaffenheit der Schale	Entsprechende fossile Formen
b) Cyrtellarien:		
Triceraspyris antarctica n. sp. (Taf. LXXXIV, Fig. 586)	Nyktoplanktonisch?	Die nächsten Verwandten im Tertiär von Barbados
Saccospyris antarctica n. sp. (Taf. LXXXIV, Fig. 584, 590)	Nyktoplanktonisch?; sehr derbwandig	Nahe verwandte Formen im Tertiär von Barbados
Peromelissa denticulata (EHRENBERG) (Taf. LXXXIV, Fig. 582, 583, 591)	Knephoplanktonisch bis nyktoplanktonisch; sehr derbwandig	Nahe verwandte *Sethopora-* und *Peromelissa*-Arten aus dem Tertiär von Barbados bekannt
Craterocyclas robustissima n. g., n. sp. (Taf. LXXXV, Fig. 596)	Skotoplanktonisch; sehr derbwandig	Nächstverwandte Form: *Anthocyrtium Ehrenbergi* (STÖHR) aus dem Tertiär Siciliens
Lamprocyclas maritalis HAECKEL (Taf. LXXXV, Fig. 594, 595)	Vermutlich tiefenbewohnend; sehr derbwandig	Fossile *Lamprocyclas*-Arten sind nicht bekannt, doch kommen ganz ähnliche Formen aus der Gattung *Clathrocyclas* im Tertiär von Barbados vor
Lamprocyclas intermedia n. sp. (Taf. LXXXIV, Fig. 585)	Vorwiegend knephoplanktonisch; von mittlerer Schalendicke	
Lamprocyclas dentata n. sp. (Taf. LXXXV, Fig. 598)	? Knephoplanktonisch; derbwandig	
Hexalodus dendrophorus n. g., n. sp. (Taf. LXXXV, Fig. 593)	? Knephoplanktonisch; sehr derbwandig	Nahe verwandt: *Lithochytris tripodium* EHRENBERG aus dem Tertiär von Barbados
Plectopyramis polypleura (HAECKEL) (Taf. LXXXIV, Fig. 592)	? Skotoplanktonisch	Eine *Plectopyramis-* und mehrere ähnlich gebaute *Sethopyramis*-Arten sind aus dem Tertiär von Barbados bekannt (vergl. Rep., p. 1253 ff.)
Cinclopyramis gigantea n. sp. (Taf. LXXXV, Fig. 599)	? Tiefenbewohnend	Zwei *Cinclopyramis*-Arten sind aus dem Tertiär von Barbados bekannt (Rep., p. 1161)
Sethophormis sp. (Textfig. 92)	Vorkommen in den Tiefen zweifelhaft	Fossile Formen nicht bekannt
Eusyringium sp. (Textfig. 93)	? Tiefenbewohnend	Aehnliche Formen aus jurassischen Ablagerungen und aus dem Tertiär Siciliens bekannt

Die vorstehende Zusammenstellung läßt ohne weiteres erkennen, daß in der That nahezu sämtliche als Tiefenbewohner zu betrachtenden Formen bereits aus jurassischen oder tertiären Ablagerungen bekannt oder in diesen durch nahe verwandte Arten vertreten sind.

Umgekehrt läßt sich auch zeigen, daß z. B. die Larcoideen, Plectoideen und Stephoideen, welche in den geologischen Ablagerungen nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen (vergl. HAECKEL, Mon., 1887, S. 146), auch in den größeren Meerestiefen nicht auftreten.

Wie weit die Uebereinstimmung geht, welche zwischen der tertiären und der tiefenbewohnenden Radiolarienfauna besteht, ergiebt sich ohne weiteres, wenn man z. B. in der Abhandlung von STÖHR (1880) die in der Tripeln (Mergeln) von Grotte gefundenen tertiären Formen betrachtet. So zeigt die Taf. I der STÖHR'schen Arbeit eine Reihe von *Cenosphaera-*, *Haliomma-*, und *Heliodiscus*-Arten, welche zum Teil mit den hier beschriebenen *Acanthosphaera-*, *Hexacontium-* und *Heliodiscus*-Arten eine große Aehnlichkeit haben. Auf Taf. II begegnet uns, abgesehen von den aus der Tiefenfauna nicht bekannten *Ommatocampe*-Arten, eine Reihe von Astrosphäriden, welche den auf S. 436 beschriebenen Formen sehr nahestehen. Taf. III bringt unter anderem Formen, welche in die Nähe von *Triceraspyris*, *Lamprocyclas* und vielleicht auch *Saccospyris* zu stellen sind, und Taf. IV mehrere Lithocampiden und eine der neuen Lamprocycladiden-Gattung *Hexalodus* ähnliche Form (Taf. IV, Fig. 14). Die Taf. V und VI enthalten allerdings einige Discoideen, welche trotz ihrer Größe bisher noch nicht in beträchtlicheren Tiefen gefunden wurden, aber im ganzen

wird man sich doch nicht des Eindruckes erwehren können, daß das Faunenbild der Tripel dem der größeren Meerestiefen in weitgehendem Maße entspricht.

Nach dem Vorstehenden läßt sich also zunächst für die tiefenbewohnenden Sphärellarien und Cyrtellarien der weitere Satz aufstellen, daß diese Formen großenteils in die Kategorie der Dauertypen gehören. Es würde nun aber freilich verfehlt sein, wenn man aus der allgemeinen Uebereinstimmung, welche die Tiefenbewohner mit den jurassischen und tertiären Formen zeigen, nun auch die Annahme ableiten wollte, daß sich die tiefenbewohnenden Formen in Bezug auf ihr Alter von den Oberflächenbewohnern unterscheiden, daß sich also unter ihnen verhältnismäßig mehr Dauertypen befinden, als unter letzteren. Eine solche Folgerung wäre deshalb unrichtig, weil offenbar das seltene Vorkommen oder das Fehlen der Oberflächenformen in den älteren Sedimenten an und für sich noch kein Beweis dafür ist, daß derartige Formen in der Jura-, Kreide- und Tertiärzeit gar nicht oder in geringerer Zahl existiert haben. Vielmehr könnte es darauf beruhen, daß das zarte Skelett der Oberflächenbewohner weniger resistent ist, als die derben Gehäuse der Tiefenbewohner. Es ist also sehr wohl möglich, daß auch die recenten Plectellarien und andere bisher nur aus den Oberflächenschichten bekannte Formen mehr oder weniger Dauertypen sind, ja diese Annahme ist sogar sehr wahrscheinlich, weil sich unter den recenten Oberflächen-Radiolarien thatsächlich verschiedene, anscheinend primitive Formen befinden, und ferner, weil wohl in den meisten Tiergruppen die oberflächlichen Formen im ganzen als die weniger specialisierten, d. h. älteren Typen erscheinen.

Es scheint mir demnach die geologische Bedeutung der hier mitgeteilten Ergebnisse der Tiefsee-Expedition weniger darin zu liegen, daß wir nun auch aus der Gruppe der Radiolarien zahlreiche tiefenlebende Dauertypen kennen, sondern darin, daß nunmehr eine Unterscheidung zwischen oberflächen- und tiefenbewohnenden Mikroradiolarien erstmals angebahnt ist und daß der Charakter der einzelnen Form schon aus der Beschaffenheit des Skelettes gefolgert werden kann. Weitere Untersuchungen werden wohl dazu führen, in Bezug auf diese Unterscheidung eine größere Sicherheit zu gewinnen und, falls die Unterschiede im Skelett nicht bloß durch die Tiefen-, sondern auch, was wahrscheinlich ist, durch Temperaturverhältnisse bedingt sind, aus der Zusammensetzung der Radiolarienfauna eines beliebigen Sedimentes Schlüsse auf den Charakter des betreffenden Meeres zu ziehen.

Ordnung. Spumellaria.

Unterordnung. Sphaerellaria.

Familie. Astrosphaeridae.

Sphäroideen, d. h. sphärisch gebaute Formen mit zahlreichen Radialstacheln.

Gattung. *Acanthosphaera* Ehrenberg.

Mit einer einzigen Gitterschale und mit gleichförmigen unverzweigten Radialstacheln.

Acanthosphaera hirsutissima n. sp.

Taf. LXXXIII, Fig. 574, 575.

Schale dickwandig (0,008—0,012 mm dick). Poren rundlich, von wechselnder Größe, im ganzen 1—1 1/2 mal so breit wie die Balkenbreite, von polygonalen Rahmen umgeben. Radialstacheln gleichmäßig borstenförmig, von 1/2 bis 2/3 Radiuslänge, auf sämtlichen Knotenpunkten, zum Teil auch zwischen denselben sich erhebend.

Schalendurchmesser: 0,125—0,14 mm.

Fundorte: T.-St. 16 (Golfstrom, S. 1850—1550, ●, Fig. 574), 48 (Südäquatorialstrom, S. 2700—2900, ○ ○), 66 (Golf von Guinea, S. 700—600, ●, Fig. 575).

Diese in verschiedenen Abstufungen der Schalengröße und Schalendicke auftretende Form stimmt einigermaßen mit *Acanthosphaera antarctica* HAECKEL (Rep., p. 214) überein, welche in Chall.-St. 157 (Antarktis) in einer Tiefe von 1950 Faden gefischt wurde. Nur fehlen letzterer Form die Porenrahmen, welche bei den mir vorliegenden Exemplaren sehr ausgeprägt hervortreten.

Vermutlich sind hierher auch einige der von früheren Forschern zur Familie der Liosphäriden (sphärische Sphärellarien ohne Radialstacheln) und zwar zur Gattung *Cenosphaera* gerechneten Formen zu stellen, so vielleicht *C. elysia* HAECKEL (Rep., p. 64, Taf. XII, Fig. 8a) aus dem centralen Pacifik, *C. aspera* STÖHR (Palaeontogr., Bd. XXVI, 1880, S. 85, Taf. I, Fig. 2) aus den tertiären Ablagerungen Siciliens u. a. Da ich nämlich in sehr vielen Fällen leere Castanellidenschalen gefunden habe, deren Radialstacheln durch Reibung und Rollung vollkommen abrasiert waren, möchte ich es für sehr wahrscheinlich halten, daß mindestens viele mit Gitterschalen versehene Radiolarien, deren Oberfläche nach Angabe der Autoren glatt, rauh oder von sehr kurzen Dornen besetzt ist, im natürlichen Zustand mit einem dichten Mantel von längeren Borsten nach Art von *Acanthosphaera antarctica* versehen sind, und daß speciell die wegen vollständiger Abwesenheit von Radialstacheln zu den Liosphäriden gestellten Cenosphären großenteils bei den Astrosphäriden und speciell bei den Acanthosphären unterzubringen sind. Mit Rücksicht auf die Auffindung tiefenbewohnender Acanthosphären ist es nun von Interesse, festzustellen, daß die Cenosphären zu den ältesten bisher bekannten Radiolarien gehören, wie die Befunde aus jurassischen Koprolithen (RÜST, 1885), aus den oberen Jurakalken (WAAGEN, 1876) und aus der Kreide (ZITTEL, 1876) beweisen.

Weitere Astrosphäriden.

Auch sonst wurden in verschiedenen Schließnetzfängen Astrosphäriden mit wohlerhaltenem Weichkörper angetroffen, deren genauere Stellung aber nicht zu ermitteln war, teils weil die äußeren Radialstacheln abgebrochen, teils weil die Markschalen durch den Weichkörper verdeckt waren. Unter anderem sei hier noch auf eine in T.-St. 229 (nördlicher Indik, S. 800 bis 600) gefundene Form mit zweifellos wohlerhaltenem Weichkörper hingewiesen, welche vielleicht in die Gattung *Haliomma* (Astrosphäriden mit einer Mark- und einer Rindenschale, sowie mit gleichartigen, einfachen Radialstacheln) und zwar in die Untergattung *Haliommura* (Poren der Rinden-

schale von unregelmäßiger Größe, Radialstacheln nur auf einem Teil der Knotenpunkte) gehört (Textfig. 74). Der Durchmesser der äußeren Schale beträgt 0,31, ihre Dicke 0,01 mm.

Den Uebergang zu den Cubosphäriden vermitteln einige in T.-St. 66 (Golf von Guinea, S. 700—600 und 500—350) gefischte Formen, welche in ihrem ganzen Habitus an das im folgenden zu beschreibende *Hexacontium pachydermum* erinnern, aber 12 oder 20 Radialstacheln besitzen. Genaueres über den Bau des Skelettes, insbesondere über die Zahl der Gitterschalen konnte nicht ermittelt werden, da die Markschalen durch den Weichkörper verdeckt waren. Es möge daher die Feststellung genügen, daß sich in den größeren Tiefen außer der *Acanthosphaera hirsutissima* noch verschiedene derbwandige, kurz- und derbstachelige Astrosphäriden vorfinden.

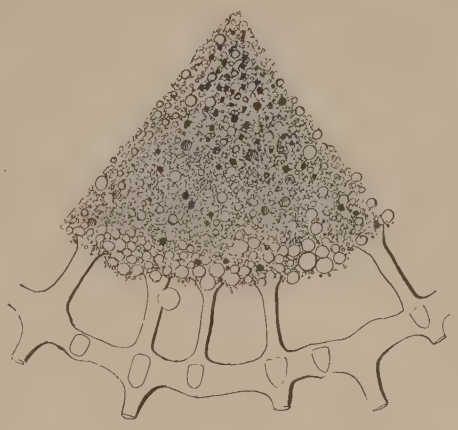


Fig. 74. *Haliomma* sp.

Familie. Cubosphaeridae.

Sphäroideen mit 6 Radialstacheln.

Gattung. *Hexacontium* Haeckel.

Mit 3 Gitterschalen und 6 einfachen, gleich großen Radialstacheln.

Hexacontium pachydermum Jörgensen.

Taf. LXXXIII, Fig. 576a, 576b.

Hexacontium pachydermum, Jörgensen, 1899, Taf. II, Fig. 14; 1905, S. 115, Taf. VIII, Fig. 31.
Hexacontium pachydermum, V. Haecker, 1907c, S. 119, Fig. 2.

Mit dem von Jörgensen beschriebenen *Hexacontium pachydermum* stimmt eine Form überein, welche im Indischen Ocean wiederholt mit gut erhaltenem Weichkörper aufgefunden wurde. Insbesondere scheint für sie die Dicke der äußeren Gitterschale und die variable Länge der Radialstacheln charakteristisch zu sein. Ob freilich alle Exemplare 2 Markschalen besitzen, konnte wegen des Weichkörpers nicht ausgemacht werden. Der Durchmesser der äußeren Gitterschale beträgt bei meinen Exemplaren 0,11—0,14 mm.

Auch die Haeckel'schen Formen *Hexacontium favosum* mit sehr kurzen, kräftigen, dreiseitig-pyramidalen Radialstacheln (Rep., p. 194, Taf. XXIV, Fig. 2, 2a), *H. hexaconicum* mit konischen Radialstacheln von Radiuslänge (Rep., p. 196) und *H. asteracanthion* mit variabeln Radialstacheln (Mon. d. Rad., 1862, S. 441, Taf. XXIII, Fig. 5, 6) dürften in nächster Nähe stehen.

Endlich ist zu bemerken, daß auch aus dem Tertiär Siciliens Skelette bekannt sind, welche, abgesehen von dem wahrscheinlich abgebrochenen oder korrodierten Borstenbesatz, eine sehr weitgehende Uebereinstimmung mit den indischen Tiefenformen zeigen (Stöhr, Palaeontogr.,

Bd. XXVI, 1880, Taf. I, Fig. 8; Taf. II, Fig. 4, 7). Die tertiären Formen werden von STÖHR, je nachdem eine oder zwei Markschalen gefunden wurden, zu *Haliomma* oder zu *Actinomma* gestellt.

Recente Fundorte: Westküste von Norwegen, 300 m und tiefer (*H. pachydermum*, JÖRGENSEN); centraler Pacifik, Ch.-St. 265, 2900 Faden (*H. favosum*, HAECKEL); Antarktis, Ch.-St. 157 (*H. hexaconcium*, HAECKEL); Mittelmeer, Atlantik, Pacifik, Oberfläche (*H. asteracanthion*, HAECKEL).

T.-St. 221 (nördlicher Indik, S. 180—195, ●), 228 (nördlicher Indik, S. 420—350, 350—250, ● ●), 229 (nördlicher Indik, S. 600—400).

Verbreitung. Speciell *H. pachydermum* scheint eine in warmen und in kühleren Meeresgebieten weitverbreitete, vorwiegend knephoplanktonische Form zu sein.

Hexacontium sp.?

Taf. LXXXIII, Fig. 577.

In die Gattung *Hexacontium* oder, da nicht mit vollkommener Sicherheit die Zahl der Markschalen ausgemacht werden konnte, vielleicht auch in die Gattung *Hexalonche* gehört ferner eine in T.-St. 175 (südlicher Indik, S. 500—400, ●) gefischte Form mit einem Rindenschalendurchmesser von 0,145 mm und mit 6 dreikantigen (?dreiflügeligen), 0,125 mm langen Radialstacheln. Bemerkenswert ist bei dieser Form die bügelförmige, im Zwischenraum zwischen Rindenschale und äußerer Markschale gelegene Centralkapsel, welche sich mit ihrer Innenfläche an die äußere Markschale anlegt und mit ihrem mittleren, nach außen gerichteten Teile um einen Radialbalken herum geschmiegt ist. Sie erinnert demgemäß außerordentlich an die bohnenförmigen Centralkapseln der Tuscaroren (s. S. 201), sowie an die unten zu beschreibende Centralkapsel von *Heliodiscus* (Taf. LXXXIII, Fig. 578). Der Hauptteil der Centralkapsel ist durch einen Strang mit einem kugeligen Körper verbunden, welcher ganz die Färbbarkeit der Centralkapsel zeigt und vielleicht als eine abgetrennte Partie der letzteren betrachtet werden darf. Bemerkenswert ist die große Menge der Nahrungskörper und die bedeutende Größe einzelner Phäodellen.

Gattung. *Hexacromyum* HAECKEL.

HAECKEL, Rep., p. 201.

Cubosphäriden mit vier konzentrischen Gitterschalen (2 Mark- und 2 Rindenschalen).

Die in der Gattung *Hexacromyum* von HAECKEL zusammengefaßten Arten lassen sich in zwei Gruppen teilen, je nachdem die beiden äußeren Gitterschalen im wesentlichen gleiche oder, wie bei *H. elegans*, verschiedene Struktur zeigen. In letzterem Falle ist die „primäre" Rindenschale (die dritte Schale von innen nach außen gerechnet) derbwandig mit hexagonalen Porenrahmen, während die äußere, sekundäre Rindenschale (die vierte) sich als ein feines Netzwerk darstellt, welches die Spitzen der auf der dritten Schale stehenden Nebenstacheln miteinander vereinigt und so gegenüber den übrigen Gitterschalen als eine mehr accessorische Bildung erscheint. In diese zweite Gruppe gehören die beiden folgenden, in tiefgehenden Schließnetzzügen erbeuteten Formen. Da die Skelette leer waren, so kann allerdings nur aus der bedeutenden

Derbheit derselben die Vermutung abgeleitet werden, daß es sich wirklich um tiefenbewohnende Formen handelte.

Hexacromyum elegans HAECKEL.

Textfig. 75, 76.

Hexacromyum elegans HAECKEL, Rep., p. 201, Taf. XXIV, Fig. 9.

Das mir vorliegende, aus T.-St. 228 (nördlicher Indik, S. 420—350) stammende Skelett stimmt in den Größenmaßen (Durchmesser der 4 Gitterschalen 0,18, 0,15, 0,05, 0,015) sehr gut mit dem centralpacifischen, angeblich von der Oberfläche stammenden *H. elegans* überein.

Hexacromyum robustum n. sp.

Textfig. 77, 78.

Der vorigen Form nahestehend ist ein in T.-St. 48 (Südäquatorialstrom, S. 2700—2000, ○) gefundenes leeres Skelett, welches sich aber durch die größere Derbheit der primären Rindenschale, sowie durch die größere Zahl und die Anordnung der die sekundäre (äußere) Rinden-

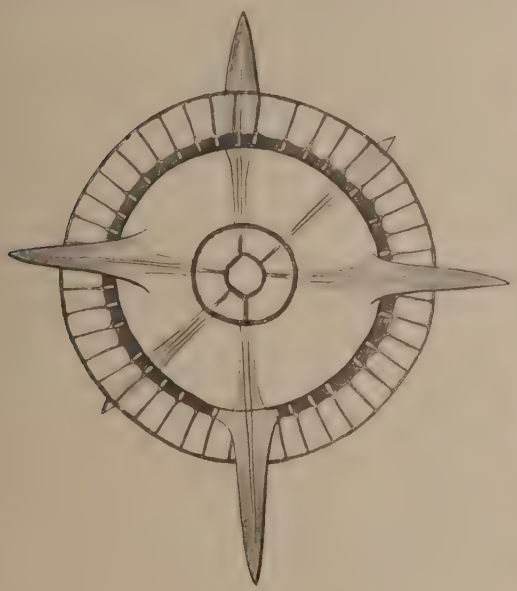


Fig. 75. *Hexacromyum elegans* HAECKEL.

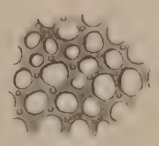


Fig. 76. *Hexacromyum elegans* HAECKEL. Oberflächenansicht.

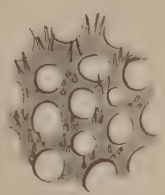


Fig. 78. *Hexacromyum robustum* n. sp. Oberflächenansicht.

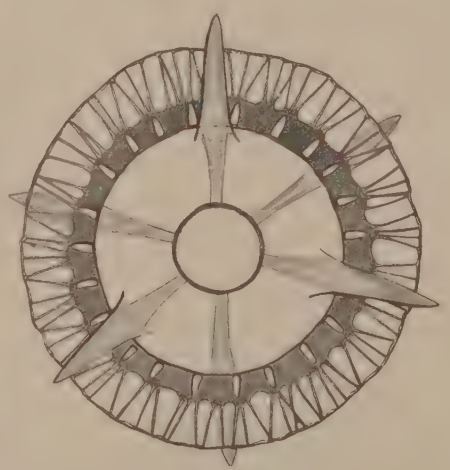


Fig. 77. *Hexacromyum robustum* n. sp.

schale tragenden Nebendornen unterscheidet. In den einzelnen Knotenpunkten der inneren Gitterschale finden sich nämlich meist 2 oder 3 unter spitzem Winkel divergierende Nebendornen, und außerdem sind auch die Balken selber mit einzelnen oder paarweise angeordneten Nebendornen besetzt (Fig. 78). Ein weiterer Unterschied von *H. elegans* besteht darin, daß bei meinem Exemplar nur e i n e Markschale vorhanden ist, so daß man es, dem künstlichem System zufolge, nicht mit einem *Hexacromyum*, sondern mit einer neuen Gattung zu thun haben würde.

Bei der Derbheit des ganzen Skelettes, insbesondere der inneren Rindenschale und der Radialstacheln, ist anzunehmen, daß es sich um eine t i e f e n b e w o h n e n d e Form handelt.

Der D u r c h m e s s e r der deutlich erkennbaren Schalen beträgt: 0,22, 0,165 und 0,05 mm.

Familie Stylosphaeridae sensu lat.

Sphärellarien mit einfacher oder mehrfacher, kugeliger oder ellipsoidischer Gitterschale, und mit zwei an entgegengesetzten Polen gelegenen Radialstacheln.

Die HAECKEL'sche Familie der Stylosphäriden sens. strict. umfaßt alle zweistacheligen Formen mit sphärischer Centralkapsel und mit sphärischen Gitterschalen, also zweistachelige „Sphäroideen". Dagegen werden im HAECKEL'schen System alle zweistacheligen Formen mit ellipsoidischer Centralkapsel und mit ellipsoidischen Gitterschalen als „Prunoideen" davon abgetrennt und in den zwei Familien der Ellipsiden (mit einfacher Gitterschale) und Druppuliden (mit 2 oder mehr Gitterschalen) untergebracht. Indessen zeigt ein Blick auf die Tafeln des Challengerwerkes (Taf. XIII—XVII, XXXIX), daß diese Verteilung der zweistacheligen Formen auf zwei Unterordnungen und drei Familien eine künstliche Trennung von eng zusammengehörenden Formen bedeutet, da das zur Unterscheidung benutzte Merkmal, die allgemeine Form von Centralkapsel und Gitterschalen, offenbar keine wichtige systematische Bedeutung besitzt. Lehren doch zahlreiche andere Radiolariengruppen, so z. B. unter den Tripyleen die Castanelliden (Taf. XXXIV), daß Abweichungen von der Kugelform, insbesondere Uebergänge zur ellipsoidischen und Birnenform, sehr häufig den Charakter von rein individuellen Abänderungen haben, und auch bei den im „Valdivia"-Material gefundenen zweistacheligen Sphärellarien zeigen die verschiedenen, im gleichen Schließnetzfang erbeuteten Individuen vielfach Uebergänge von der sphärischen zur ellipsoidischen Schalenform.

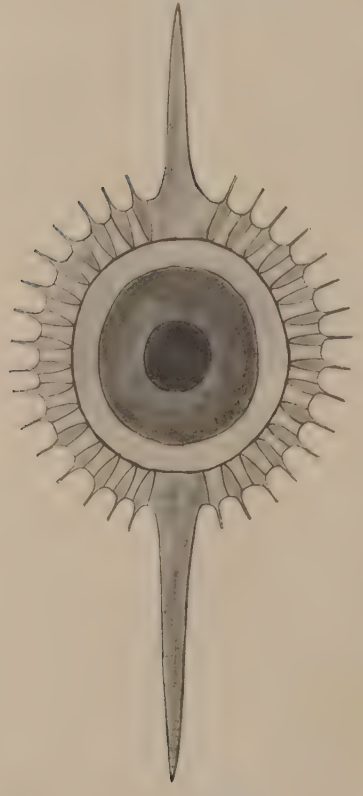


Fig. 79. *Xiphostylus dendrocopus* n. sp.

Man wird demnach zweifellos berechtigt sein, die meisten zu den drei genannten Familien gestellten Formen in einer und derselben natürlichen Gruppe, in der Familie Stylosphaeridae sensu lat., zu vereinigen. Eine Ausnahme hiervon dürfte wohl nur die Ellipsidengattung *Pipettella* und die Druppulidengattungen *Pipetta* und *Pipettaria* bilden, deren Polstacheln hohle, gefensterte Röhren sind, die als ausgezogene Teile der Gitterschale erscheinen und so einen durchaus anderen Charakter haben, als die massiven, meist kantigen Radialstacheln der übrigen Formen.

In den Schließnetzfängen der „Valdivia" wurden folgende Stylosphäriden mit Inhalt gefunden:

a) Formen ohne Markschalen.

Xiphostylus dendrocopus n. sp.

Textfig. 79.

Mit sphärischer, sehr derbwandiger Rindenschale, mit regelmäßigen, rundlichen Poren, welche ungefähr so breit wie die Balken sind und von leicht erhabenen, hexagonalen Rahmen umgeben sind. In den Knotenpunkten erhebt sich je ein

dünner Nebendorn. Polstacheln von ungleicher Länge, kegelförmig. Anscheinend keine Markschale.

Durchmesser der Rindenschale 0,14—0,15, Dicke 0,015 mm. Länge der Stacheln 0,1—0,15 mm.

Fundorte: T.-St. 221 (nördlicher Indik, S. 1600—1000, ●), 227 (nördlicher Indik, S. 600—400, ●).

Diese Form nähert sich in den allgemeinen Dimensionen am meisten dem *Xiphostylus picus* Haeckel (Rep., p. 129, Taf. XIV, Fig. 13), nur daß bei letzterem der kleinere Polstachel von einer Gruppe von kurzen konischen Nebenstacheln umgeben ist und daß ihm scheinbar die dünnen Nebendornen fehlen, was aber möglicherweise mit dem Erhaltungszustand zusammenhängt. Eine nur halb so große *Xiphostylus*-Art, *X. anhinga* Haeckel, mit glatter oder etwas rauher Oberfläche (Dornen abgebrochen?) und gekrümmten Radialstacheln (Abnormität?), ist aus den Tertiär von Barbados bekannt.

Ellipsoxiphium palliatum Haeckel

Taf. LXXXIV, Fig. 587.

Ellipsoxiphium palliatum Haeckel, Rep., p. 296, Taf. XIV, Fig. 7.

Mit ellipsoidischer, sehr derbwandiger Rindenschale, ohne Markschalen, mit verschieden langen Polarstacheln und mit Nebendornen, deren Spitzen durch eine dünne, zartmaschige sekundäre Rindenschale verbunden sind.

Durchmesser der derben Rindenschale 0,16, Länge der Apicalstacheln 0,07—0,12 mm.

Fundorte: T.-St. 27 (canarische Strömung, S. 2250—1950, ●), 42 (Golf von Guinea, S. 700—600, ●), 227 (nördlicher Indik, S. 600—400, ●).

Die beschriebene Form stimmt am besten mit dem pacifischen *Ellipsoxiphium palliatum* Haeckel überein. Aehnliche Formen ohne sekundäre Rindenschale (*Ellipsoxiphus* Dunikowski) sind aus dem Tertiär von Barbados und dem alpinen Lias bekannt (vergl. Rep., p. 296f.)

b) Formen mit Markschalen.

Stylatractus carduus (Ehrenberg).

Textfig. 80.

Stylosphaera carduus Ehrenberg, 1875, Taf. XXV, Fig. 7.
Stylatractus carduus Haeckel, Rep., p. 330.

Mit sphärischer bis ellipsoidischer, ziemlich dickwandiger Rindenschale, mit meist zwei Markschalen, mit ungleichen Polarstacheln, sehr verschiedenartigen Poren und höckerigen Knotenpunkten.

Durchmesser der Gitterschale 0,12—0,15, Länge des längeren Apicalstachels 0,03—0,08, des kürzeren 0,02—0,04 mm.

Fundorte: T.-St. 16 (Golfstrom, S. 1850—1550, ●), 42 (Guineastrom, S. 550—250, ●), 66 (Golfstrom, S. 700—600, ●), 218 (nördlicher Indik, S. 2040—1800, ●), 227 (nördlicher Indik, S. 600—400, ● ●), 268 (nördlicher Indik, S. 4800—4200, ●).

Die vorliegende, offenbar ausgesprochen skoto- bis nyktoplanktonische Form stimmt am besten mit *Stylatractus carduus* HAECKEL (*Stylosphaera carduus* EHRENBERG, 1875, Taf. XXV, Fig. 7) aus dem Tertiär von Barbados überein.

Bei einem Exemplar (T.-St. 66) war neben dem kürzeren Apicalstachel ein kürzerer Nebenstachel vorhanden. Bei dem in Textfig. 80 gezeichneten Exemplar war, soviel ich sehen konnte, die Centralkapsel mit keilförmigen Fortsätzen durch die Poren der inneren Markschale durchgedrungen, ähnlich wie dies bei der Centralkapsel vieler Astrophäriden (*Cladococcus, Drymosphaera* u. a.) der Fall ist.

Xiphatractus radiosus (EHRENBERG).

Taf. LXXXIV, Fig. 588; Textfig. 81.

Stylosphaera radiosa EHRENBERG, 1875, S. 84, Taf. XXIV, Fig. 5.
Xiphatractns radiosus HAECKEL, Rep., p. 334.

Mit sphärischer bis spindelförmiger, sehr derbwandiger Rindenschale, mit 2 konzentrischen Markschalen, mit meist ungleich großen Polarstacheln und ungleichen Poren, welche nicht selten infolge teilweiser Verschmelzung Rosetten bilden und so an die Schalenstruktur von *Amphisphaera pluto* HAECKEL (Rep., p. 144, Taf. XVII, Fig. 7 u. 8) erinnern.

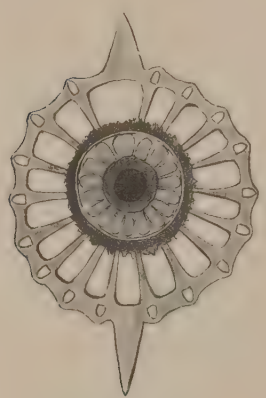


Fig. 80.

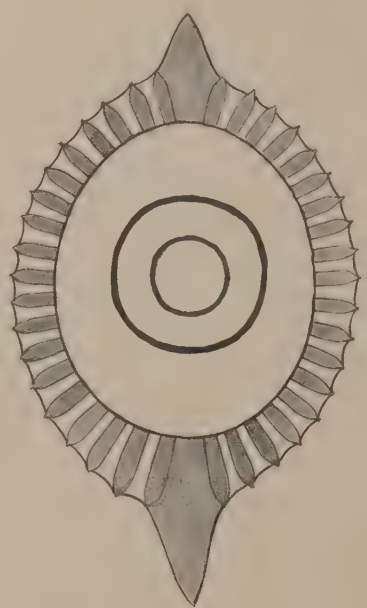


Fig. 81.

Fig. 80. *Stylatractus carduus* (EHRENBERG).

Fig. 81. *Xiphatractus radiosus* (EHRENBERG). Zahl und Anordnung der die concentrischen Schalen verbindenden Radialbalken konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Längster Schalendurchmesser 0,13—0,19 mm, Länge des längeren Apicalstachels 0,03—0,12, des kürzeren 0,02—0,05 mm.

Fundort: T.-St. 237 (nördlicher Indik, S. 4950—4000, ○ ○ ○). Der Schaleninhalt zeigte bei dieser Form nicht, wie bei den vorhin genannten, eine deutliche Differenzierung in Kern, Centralkapsel und Phäodellenmantel, sondern besteht wahrscheinlich ausschließlich aus feinkörnigem Schlamm, wie denn auch im Tagebuch der „Valdivia“ von T.-St. 237 angegeben ist, daß sich daselbst zahlreiche, mit feinem Schlamm gefüllte Radiolarienskelette vorfanden. Es ist daher fraglich, ob es sich bei dieser Form um eine Tiefenbewohnerin handelt. Immerhin liegt diese Annahme, im Hinblick auf die Derbwandigkeit der Rindenschale und auf das Fehlen dieser Form in den oberen Schichten des Indik sehr nahe.

Die vorliegende, sehr variable Form erinnert am meisten an *Xiphatractus radiosus* HAECKEL (*Stylosphaera radiosa* EHRENBERG) aus dem Tertiär von Barbados. Aehnliche Formen wurden

von Rüst (Palaeontogr., Bd. XXXI, 1885, Taf. III, Fig. 15) auch im *Aptychus*-Schiefer und in anderen jurassischen (postliasischen) Ablagerungen als häufige Vorkommnisse aufgefunden.

Weitere Stylosphäriden.

Von anderen Stylosphäriden wurden im nördlichen Indik (T.-St. 237, S. 4950—4600, ●○, und 268, S. 4800—4200, ● ●) wiederholt auch solche Formen gefunden, bei denen die Enden der Polarstacheln durch einen derben elliptischen Ring verbunden sind (Taf. LXXXIV, Fig. 581; Textfig. 82). Die Zahl der Markschalen ließ sich nicht bestimmen, da dieselben in der Centralkapsel eingeschlossen sind, und es war daher bei diesen mit wohlerhaltener Centralkapsel ausgestatteten Exemplaren nicht festzustellen, ob sie zur Gattung *Saturnalis* (ohne Markschale), *Saturnulus* (mit einer Markschale) oder *Saturninus* (mit 2 Markschalen) gehören. Ein in Station 237 (S. 4800—4200) gefundenes leeres Skelett (Textfig. 82), welches im ganzen Habitus mit den in größeren Tiefen gefundenen Formen (Taf. LXXXIV, Fig. 581) übereinstimmte, wies außerhalb der Rindenschale eine sehr zarte äußere Gitterschale auf, von ähnlicher Art, wie sie sich bei *Ellipsoxiphium palliatum* findet. Es möge diese Form als *Saturnalis aureolatus* bezeichnet werden [1]).

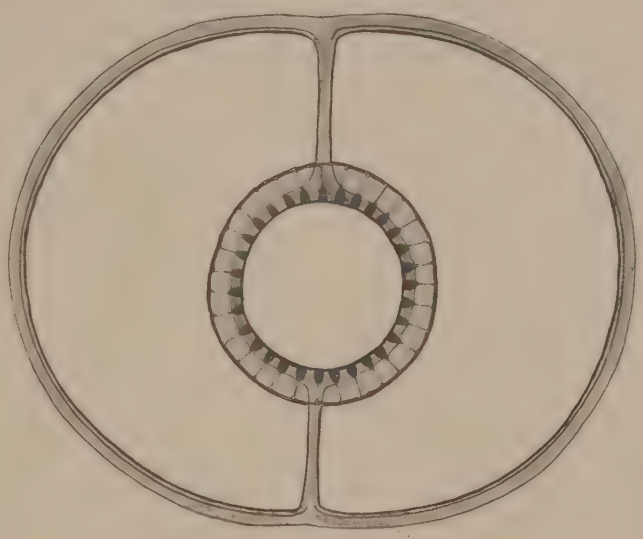


Fig. 82. *Saturnalis aureolatus* n. sp.

Im Anschluß an die Besprechung der Cubosphäriden und Stylosphäriden möge endlich noch darauf hingewiesen werden, daß *Spongosphaera tritestacea*, eines der ältesten bisher bekannten, aus dem silurischen Kieselschiefer stammenden Radiolarien, nach Rothpletz (Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., Bd. XXXII, 1880, p. 449, Taf. XXI, Fig. 9, 10, 13, 14) eine äußere, zarte, anscheinend schwammige Rindenschale und 2 derbere, gegitterte Innenschalen besaß. Ich möchte es nicht für ausgeschlossen halten, daß die „Rindenschale" dieser silurischen Form der zarten äußeren Gitterschale von *Ellipsoxiphium palliatum* (Taf. LXXXIV, Fig. 587), *Saturnalis aureolatus* (Fig. 581) und *Hexacromyum* (Textfig. 75, 77) entspricht und daß also *Spongosphaera tritestacea* in die Nähe einer dieser Formen zu stellen ist. Die Uebereinstimmung, welche die Struktur von *Spongosphaera tritestacea* mit den von Haeckel (1862, Taf. XII, Fig. 11—13, und Taf. XXVI, Fig. 1—3) abgebildeten *Spongosphaera*-Arten zeigt, ist ja ohnedies nur eine sehr oberflächliche, so daß die von Rothpletz vorgenommene Einreihung der silurischen Form in die Ehrenberg'sche Gattung *Spongosphaera* nicht ohne weiteres einleuchtend ist. Die beträchtliche Größe (0,5 mm) aber, welche die silurische Form gegenüber *Hexacromyum* und ähnlichen recenten Formen aufweist, würde insofern nicht einer Zusammenstellung mit diesen letzteren im Wege stehen, als nach

1) In der vorläufigen Mitteilung hatte ich die Form *Saturnulus aureolatus* genannt, da ich bei einem Exemplar (1907 c, Fig. 6) eine sehr zarte Markschale gesehen hatte. Das betreffende Exemplar habe ich aber später nicht wieder auffinden können.

Rüst die älteren Radiolarien überhaupt im ganzen massiger und auch etwas größer als die tertiären und recenten zu sein scheinen.

Familie: Phacodiscidae.

Discoideen (d. h. Sphärellarien mit linsen- oder scheibenförmiger Schale) mit einfacher, linsenförmiger, gegitterter Rindenschale und mit einfacher oder doppelter Markschale.

Von dieser Familie wurden zahlreiche Individuen von verschiedenen *Heliodiscus*-Arten in fast allen Tiefen gefunden. Unter anderem lieferten verschiedene Stufenfänge der indischen Stationen 221—237 von 130 m abwärts bis 4600 m gefüllte und leere Gehäuse einer Form, welche sich hauptsächlich durch die geringere Zahl von Radialstacheln (9—12) und durch die haubenförmige Markschale von dem kosmopolitischen *H. asteriscus* HAECKEL (Rep., p. 445, Taf. XXXIII, Fig. 8) unterscheidet und als *H. asteriscoides* bezeichnet werden mag.

Heliodiscus asteriscoides n. sp.

Taf. LXXXIII, Fig. 578—580.

Rindenschale scheibenförmig, mit rundlichen, bald gleichmäßigen, bald ungleichmäßigen Poren, am Rande mit 9—12 derben, vielfach paarweise angeordneten Hauptstacheln besetzt, welche etwas kürzer als der Schalenradius sind und deren Basis etwa zweimal so breit als die Porenweite ist. Außerdem sind die Knotenpunkte der Gitterschale, namentlich gegen den Rand der Scheibe zu, mit fadenförmigen Nebendornen besetzt, welche vielfach länger als der Schalenradius sind.

Die von einer größeren Anzahl sehr dünner Radialbalken getragene Markschale ist haubenförmig, ihre weite Pylomöffnung ist schräg gegen eine der Scheibenflächen gerichtet (vergl. Fig. 580).

Durchmesser der Schale: 0,14—0,17, Länge der Hauptstacheln 0,05—0,08 mm.

Weichkörper: Bei einem in T.-St. 88 (S. 3600—3000) gefundenen Exemplar (Fig. 578) war die wurst- oder bügelförmige Centralkapsel der Außenfläche der Markschale angelagert. Sie erinnerte sehr an die Centralkapseln der Tuscaroren, bezw. an diejenigen von *Hexacontium* (Taf. LXXXIII, Fig. 577), nur daß sie durch eine tief einspringende Längsfalte scheinbar in zwei dicht nebeneinander liegende Wülste geteilt war. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem in T.-St. 229 (S. 1000—800) gefundenen Exemplar.

Fundorte: T.-St. 88 (Benguelastrom, S. 3600—3000, ●, s. oben), 128 (Westwindtrift, S. 220—140, ●, Rindenschale vollkommen mit Weichkörper gefüllt, Calymma erhalten, bis an die Stachelspitzen reichend), 221 (nördlicher Indik, S. 180—145, ○), 227 (nördlicher Indik, S. 1000—800, ○ ○), 229 (nördlicher Indik, S. 1000—800, ○ ●, s. oben; S. 600—400, ○), 236 (nördlicher Indik, S. 180—130, ○), 237 (nördlicher Indik, S. 4600—4450, ○ ○ ○, großenteils mit feinem Schlamm gefüllt).

Verbreitung. Nach den Befunden in T.-St. 88 und 229 ist für *Heliodiscus asteriscoides* mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß er wenigstens in gewissen Entwickelungsstufen normalerweise in größeren Meerestiefen vorkommt. *Heliodiscus*-Arten mit allerdings viel zahl-

reicheren Radialstacheln sind aus dem Tertiär von Barbados, Aegina und Sicilien, Reste von solchen aus dem jurassischen *Aptychus*-Schiefer (Rüst, 1885, S. 293 bekannt.

Ordnung. Nassellaria.

Von den beiden Ordnungen der Nassellarien scheinen nur die Cyrtellarien (Nassellarien mit vollständiger Gitterschale) ein Kontingent zu der Tiefenfauna zu stellen. Von Plectellarien (d. h. Nassellarien ohne vollständige Gitterschale) fanden sich allerdings im Schließnetzfang 4950—4600 der Tiefseestation 237 (nördlicher Indik) einige Skelette einer *Toxarium*-Art mit Inhalt vor. Aber der Inhalt besteht, wie bei zahlreichen anderen in diesem Schließnetzzug erbeuteten Radiolarienskeletten (vergl. oben *Xiphatractus radiosus*), wahrscheinlich nur aus feinem Schlamm, wie dies auch im Tagebuch angegeben ist.

Unterordnung. Cyrtellaria.

Ebenso sicher wie verschiedene Sphärellarien, dürften auch mehrere Cyrtellarien als regelmäßige Bewohner der größeren Meerestiefen anzusehen sein, und zwar fand ich in den Schließnetzzügen der „Valdivia“ zwei Gruppen (bei Haeckel: Ordnungen) vertreten, nämlich die „Spyroideen“, d. h. Cyrtellarien mit bilokulärer Cephalis und mit sagittaler Einschnürung, und die „Cyrtoideen“, d. h. Cyrtellarien mit einfacher Cephalis und ohne Einschnürung. Unter „Cephalis“ wird dabei die eiförmige oder subsphärische Gitterschale verstanden, welche die Centralkapsel umschließt.

a) „Spyroidea“.

Cyrtellarien mit bilokulärer Cephalis und mit sagittaler Einschnürung.

Familie. Zygospyridae.

Spyroideen ohne Galea, ohne Thoraxbildung.

Unterfamilie. Tripospyrinae.

Zygospyriden mit 3 Basalfüßen.

Triceraspyris antarctica n. sp.

Taf. LXXXIV, Fig. 586.

Phormospyris antarctica V. Haecker, 1907 c, S. 124, Fig. 9.

In T.-St. 147 (Antarktis, S. 5000—4000) wurde eine Spyroidee mit wohlerhaltener Centralkapsel gefunden, welche an der ausgesprochen bilokulären Cephalis 3 divergierende Basalfüße und an der Scheitelfläche 3 rudimentäre Hörner besitzt und daher wohl in die Gattung *Triceraspyris* gestellt werden dürfte. Die Basalfüße sind durch eine dünne Membran verbunden,

ähnlich der „Spannhaut“ an den Oralstacheln von *Tuscarilla nationalis* (Taf. XXII, Fig. 180). Ich hatte bei der ersten Untersuchung diese Haut für eine Thoraxbildung gehalten und die Form daher für eine Phormospyride angesehen (1907 a).

Diagnose: Schale nußförmig, mit breitem Sagittalring und tiefer Sagittalstriktur. Poren unregelmäßig rundlich, zwei- bis viermal so breit als die Balken, ohne symmetrische Anordnung zu beiden Seiten des Sagittalringes. Bau der Basalplatte an meinem Exemplar nicht zu erkennen. 3 kurze rudimentäre Hörner an der Scheitelfläche; 3 Basalfüße, an der Basis gefenstert, kürzer als der kurze Schalendurchmesser.

Centralkapsel ellipsoidisch, in der Mitte leicht eingeschnürt, mit zahlreichen großen runden Tropfen (? Oelkugeln), mit rundlichem, in der Mitte leicht eingeschnürtem Kern.

Breitendurchmesser der Schale 0,12, Höhe 0,08, Länge der Basalfüße 0,05 mm.

Die nächsten Verwandten sind wohl in der Gattung *Triceraspyris* zu suchen, etwa in der Nähe von *T. didiceros* (EHRENBERG, 1875, Taf. XXI, Fig. 6) und *furcata* (EHRENBERG, 1875, Taf. XX, Fig. 8), welche fossil in Barbados gefunden wurden. Auch *T. gazella* HAECKEL aus dem Indik (Rep., p. 1031, Taf. LXXXIV, Fig. 9) zeigt, abgesehen von der Länge der Hörner und Stacheln, eine ziemliche Aehnlichkeit, und ebenso könnte man *Tristylospyris triceros* (EHRENBERG) aus Barbados (1875, Taf. XXI, Fig. 5) zum Vergleich heranziehen.

Der ausgezeichnete Erhaltungszustand der Centralkapsel weist darauf hin, daß unsere Form normalerweise in großen Tiefen vorkommt.

Familie. Phormospyridae.

Spyroideen ohne Galea, mit Thoraxbildung.

Unterfamilie. Rhodospyrinae.

Phormospyriden mit einem Kranz von zahlreichen Basalfüßen.

In T.-St. 147 (Antarktis, S. 5000—4000) wurde eine Anzahl von Exemplaren einer Form gefunden, welche eine ausgesprochen bilokuläre Cephalis und einen cylindrischen Thorakalabschnitt aufweisen. Letzterer ist bei allen Exemplaren durch eine Art Diaphragma abgeschlossen (Taf. LXXXIV, Fig. 584). Bei einem Exemplar, welches seinem ganzen Habitus nach mit den übrigen zusammengehört, setzt sich an dem unteren Ende des Thorax ein weiteres, das Diaphragma überragendes, kragenähnliches Stück an, welches einen Kranz von etwa 35 (beim vorliegenden Stück abgebrochenen) Zähnen trägt und nach der üblichen Terminologie als Abdomen bezeichnet werden müßte (Fig. 589, 590). Sehr charakteristisch ist für alle Exemplare die Ungleichheit der beiden Abschnitte der Cephalis, die derbe Beschaffenheit der Wandung, die spärliche Zahl der Wandporen (namentlich in der Cephalis) und die außerordentlich komplizierte Verzweigung des Innenskelettes.

Das mit einem Kranz von Basalzähnen ausgestattete Exemplar (Fig. 589, 590) würde sich im künstlichen System gut in die Unterfamilie der Rhodospyrinen fügen, und zwar kommt es einigermaßen nahe den HAECKEL'schen Formen *Rhodospyris tricornis* (Rep., p. 1089, Taf. LXXXIII,

Fig. 13) und *Desmospyris mammillata* (Rep., p. 1089, Taf. LXXXIII, Fig. 14), sowie der Ehrenberg'schen Barbadosform *Patagospyris (Petalospyris) confluens* (1875, Taf. XXII, Fig. 5).

Die kranzlosen Formen, welche mit großer Wahrscheinlichkeit nur Varianten der vorigen sein dürften, zeigen, was die oben erwähnten Charaktere, insbesondere auch die Wanddicke und die Verzweigung des Innenskelettes anbelangt, starke Anklänge an verschiedene von Ehrenberg und Bütschli unter den Gattungsbezeichnungen *Lithomelissa* und *Lithobotrys* beschriebene Barbadosformen (vergl. Ehrenberg, 1875, Taf. III, Fig. 15, 19; Bütschli, 1882, Taf. XXXIII, Fig. 21, 22, 26, 27). Auch Ehrenberg's *Lithobotrys biceps* (1872, Taf. IX, Fig. 23) aus dem Tiefgrund des Indik und Stöhr's Tripoliform *Lithomelissa amphora* (Palaeont., Bd. XXVI, 1880, Taf. III, Fig. 11) können herangezogen werden.

Es sei ferner auf die weitgehende Uebereinstimmung hingewiesen, welche unsere Form hinsichtlich ihres ganzen Habitus, insbesondere auch bezüglich der Wanddicke, Beschaffenheit der Poren und Verästelung des Innenskelettes mit der ebenfalls antarktischen *Peromelissa denticulata* (Taf. LXXXIV, Fig. 582, 583, 591) zeigt.

Alles in allem möchte ich die mit einem Basalkranz ausgestattete Form als Typus annehmen, und demnach die vorliegende Art zu den Rhodospyrinen in der Nähe der Gattungen *Rhodospyris* und *Desmospyris*, und zwar in einer neuen Gattung: *Saccospyris* (1907 c, S. 124) unterbringen. Letztere würde sich von den beiden erstgenannten Gattungen hauptsächlich durch die außerordentlich komplizierte Verzweigung des Innenskelettes, von *Rhodospyris* außerdem durch den Mangel von apicalen Hornbildungen unterscheiden. Wenn diese neue Gattung im vorläufigen künstlichen System auch ziemlich weit entfernt von der folgenden Form *(Peromelissa denticulata)* abrückt, so kann es doch wohl kaum zweifelhaft sein, daß engere Beziehungen zwischen beiden bestehen.

Saccospyris antarctica n. gen., n. sp.

Taf. LXXXIV, Fig. 584, 589, 590.

Saccospyris antarctica V. Haecker, 1907 c, S. 124.

Schale sackförmig-cylindrisch, durch eine schräg verlaufende Querfurche in Cephalis und Thorax abgeteilt, sehr derbwandig, mit rauher Oberfläche, in der Gegend der Querfurche und am apicalen Pole mit kurzen, kräftigen Stacheln besetzt, mit wenigen, rundlichen, unregelmäßig großen, sehr zerstreut stehenden Poren.

Die Cephalis ist durch eine longitudinale Furche und einen aufsteigenden, stark verzweigten Ast des Innenskelettes in zwei ungleich große Logen geteilt (Fig. 590). Von der einen Kammer wird außerdem durch eine Querfurche und durch zahlreiche Aeste des Innenskelettes ein zwischen Cephalis und Thorax einseitig gelagerter Zwischenlobus abgeteilt (Fig. 590, links), so daß die Schale an diejenige mancher Botryoideen (vergl. Rep., Taf. XCVI) erinnert. Der durch die schräg verlaufende Querfurche abgeteilte Thorax ist entweder so hoch wie die Cephalis (Fig. 589, 590) oder beträchtlich höher (Fig. 584) und unten durch eine dünne, zuweilen nach innen eingebuchtete Basalplatte abgeschlossen (Fig. 584, 590). Bei einigen Exemplaren [var. *quadripartita*[1]), Fig. 584] fehlt ein Abdomen, bei einem Exemplar (var.

1) Der Zwischenlobus, die Logen der Cephalis und der Thorax sind als besondere Teile gerechnet.

quinquepartita, Fig. 589, 590) schließt sich jenseits der Basalplatte ein kragenartiges, schräg abgestutztes Ansatzrohr an, dessen Rand mit etwa 35 kurzen, bandförmigen (im Präparat wahrscheinlich abgebrochenen) Zähnen besetzt ist.

Das Innenskelett dürfte wohl, ähnlich demjenigen von *Peromelissa denticulata* (Taf. LXXXIV, Fig. 591), im wesentlichen einem basalen Tripodium entsprechen. Von einem an der Grenze zwischen Cephalis und Thorax gelegenen Centrum strahlen drei reich verzweigte Querbalken aus, von denen einer mit zahlreichen, unregelmäßigen Aesten den Zwischenlobus umspinnt (Fig. 590, links). Diese 3 Aeste sind wohl als die Cortinarfüße des Tripodiums zu betrachten (vergl. Rep., p. 891; cortina = Dreifuß). Außerdem gehen von dem Centrum ab ein vertikaler, nach oben gerichteter, ebenfalls stark verzweigter Balken, welcher vielleicht einem Teil des Sagittalringes bei anderen Nassellarien entspricht, und ein nach abwärts gerichteter thorakaler Achsenstab, welcher sich in ganz ähnlicher Weise bei *Peromelissa denticulata* wiederfindet (Fig. 591).

Die von Nahrungsmassen umgebene, mehrlappige Centralkapsel ist teils in den Logen der Cephalis, teils im Thorax gelagert (Fig. 584). Genaueres über die Zahl und Anordnung der Centralkapsellappen konnte ich wegen der Nahrungsmassen bei dieser Form nicht ermitteln.

Längster Durchmesser der Schale 0,11 (var. *quadripartita*) bis 0,13 mm (var. *quinquepartita*), Breite: 0,09 mm.

Fundort: T.-St. 147 (Antarktis, S. 5000—4000, ● ● ○ ○.

b) „Cyrtoidea".

Cyrtellarien mit einfacher Cephalis, ohne sagittale Einschnürung und ohne Loben.

Familie. Tripocyrtidae.

(= Cyrtoidea dithalamia triradiata.)

Unterfamilie. Sethoperinae.

(= Cyrtoidea dithalamia triradiata clausa.)

Mehrere von der „Valdivia" an antarktischen Stationen ausgeführte Schließnetzfänge enthielten, neben massenhaften Challengeriden (*Protocystis Swirei* u. a.), zahlreiche Individuen einer Cyrtellarie (Taf. LXXXIV, Fig. 582, 583, 591), welche offenbar identisch mit der von EHRENBERG aus dem Eis der Antarktis beschriebenen *Lithopera denticulata* (vergl. Textfig. 83) ist. Es handelt sich um eine kegelförmige, sehr derbwandige Form, welche auf Grund einer queren Einschnürung in eine kleinere, obere und eine größere, untere Etage zerfällt und außerdem in ihrem unteren Abschnitt drei Längsfurchen (nach HAECKEL eine tiefe sagittale Einschnürung) aufweist (Fig 582). Mehrere, aus großen Tiefen stammende Exemplare enthielten eine Centralkapsel, welche mit ihrem centralen Teil im oberen Schalenabschnitt gelagert ist und, ähnlich derjenigen vieler Cyrtellarien, 3 Loben in den unteren Schalenraum entsendet.

HAECKEL betrachtete unter Bezugnahme auf die EHRENBERG'sche Abbildung (Textfig. 83) den oberen Teil des Skelettes als eine „Galea", den unteren, scheinbar bilokulären Abschnitt als

eine „Cephalis“, und so wurde er dazu geführt, die Ehrenberg'sche Form unter der Gattungsbezeichnung *Pylospyris* zu den „Spyroideen“ (d. h. Cyrtellarien mit bilokulärer Cephalis) und zwar zu den Tholospyriden (Spyroideen mit einer Galea) zu stellen. In der gleichen Gattung *Pylospyris* fanden zwei ähnlich geformte, aber mit kräftigem Apicalhorn versehene Formen Platz, nämlich *P. trinacria* aus Messina (Haeckel, 1862, S. 342, Taf. XII, Fig. 8, 9; vergl. Textfig. 84) und *P. canariensis* (Rep., Taf. XCV, Fig. 16). Bei *P. trinacria*, deren unteres Schalenglied durch eine sagittale Striktur in zwei gleich große Kammern geteilt ist, wurde eine rote Centralkapsel beobachtet, welche mit ihren drei Abschnitten das obere und die beiden unteren Fächer des Gehäuses ausfüllte. In dem Raum zwischen Schale und Centralkapsel lagen ein paar Dutzend gelbe Zellen. Auch bei der offenbar entfernter stehenden *P. canariensis* ist der untere Schalenabschnitt durch eine leichte sagittale Einschnürung in zwei gleich große Kammern zerlegt, so daß im ganzen drei Fächer vorhanden sind.

Sehen wir zunächst von den Beziehungen unserer zuerst von Ehrenberg gefundenen Form zu den beiden Haeckel'schen Arten ab und fragen wir uns, ob erstere wirklich im Haeckel'schen System an ihren richtigen Platz gestellt ist. Schon die zweifellose Thatsache, daß die Central-

Fig. 83.

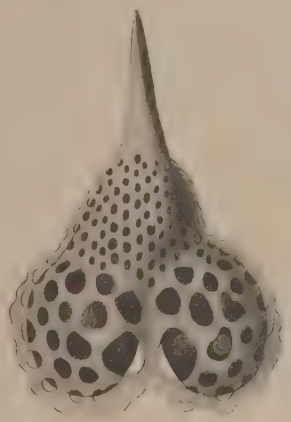


Fig. 84.

Fig. 85.

Fig. 83. *Peromelissa* (*Lithopera* Ehrenberg) *denticulata* (Ehrenberg). Kopie nach Ehrenberg, 1872, tab. 12, fig. 7.
Fig. 84. *Pylospyris trinacria* Haeckel. Kopie nach Haeckel, 1862, tab. 12, fig. 8.
Fig. 85. *Micromelissa bombus* Haeckel. Kopie nach Rep., tab. 57, fig. 14.

kapsel, ähnlich derjenigen der Cyrtoideen, mit einem centralen Teil im oberen Schalenabschnitt gelegen ist und mit 3 Loben in den unteren herabhängt, legt es nahe, den oberen Schalenraum nicht der „Galea“, sondern der „Cephalis“ anderer Cyrtoideen homolog zu setzen. Auch die Betrachtung der inneren Skelettstrukturen ergiebt das nämliche. Der obere Schalenabschnitt enthält keine inneren Skelettteile, dagegen ist (Fig. 591) der untere Raum von einem dünnen, geraden (bei einzelnen Exemplaren rudimentären) Achsenstab durchsetzt, von dessen oberem Ende drei bandförmige Querbalken ausstrahlen, die mit ihren dichotomischen Verzweigungen an der Innenfläche der Schale ansetzen. Die Ansatzstellen entsprechen den drei äußeren Längsfurchen der Schale (Fig. 582), zuweilen sieht man auch an der Außenfläche der Schale kleine höckerförmige Erhebungen, welche verschieden von den Dornen der Schalenoberfläche sind und wohl als rudimentäre Fortsetzungen der Querbalken aufzufassen sind.

Es geht daraus hervor, daß der untere Schalenabschnitt nicht zwei-, sondern dreifächerig ist und daher nicht als eine bilokuläre Cephalis aufgefaßt werden kann, vielmehr wird man dazu geführt, den oberen Schalenabschnitt von *Lithopera denticulata* der einfachen Cephalis der Cyrtoideen homolog zu setzen, während der untere, dreifächerige Teil als Thorax zu bezeichnen ist. Unsere Art würde also zu den dicyrtiden Cyrtoideen gehören.

Die drei Querbalken würden dann als die durch Dichotomie modifizierten Strahlen des basalen Tripodiums, bezw. der Basalplatte der Cephalis zu betrachten sein. Ihre distalen Abschnitte sind aber nicht, wie bei zahlreichen anderen Cyrtoideen, in den thorakalen Schalenabschnitt eingelagert, sie ragen auch nicht, wie z. B. bei *Micromelissa bombus* (Textfig. 85) als flügelförmige Fortsätze über den Thorax hervor, vielmehr sind sie nur noch bei einzelnen Exemplaren durch kleine höckerförmige Vorsprünge angedeutet.

Der bei unserer Form vielfach rudimentäre Achsenstab ist allerdings eine außergewöhnliche Bildung, indessen steht er nicht ohne Analogon da. Es sei hier auf die Tricyrtide *Axocorys macroceros* (Rep., p. 1420, Taf. LXVIII, Fig. 1, 1a) hingewiesen, bei welcher ein dünner am basalen Ende verzweigter Stab, gewissermaßen als Fortsetzung des Apicalstachels, durch alle drei Schalenglieder bis in die Nähe des Schalenmundes herabsteigt, und ähnliche Bildungen kehren auch bei *Lamprocyclas* (Taf. LXXXV, Fig. 594) und offenbar auch bei der Dicyrtide *Dicolocapsa microcephala* (Rep., p. 1312, Taf. LVII, Fig. 1) wieder.

Fig. 86.

Fig. 87.

Fig. 86. *Sethopera oceania* (EHRENBERG). Kopie nach EHRENBERG, tab. 4, fig. 21.

Fig. 87. *Peromelissa capito* (EHRENBERG). Kopie nach EHRENBERG, 1875, tab. 3, fig. 14.

Von anderen Skelettstrukturen sei noch erwähnt, daß die den Thorax abschließende Gitterplatte eine wesentlich dünnere Beschaffenheit besitzt, als die übrige Schalenwandung (Fig. 591), und daß der Hauptteil der Schale, insbesondere ihr unterer Rand, mit Dornen besetzt ist, welche im oberen Schalenabschnitt apicalwärts, im unteren basalwärts gerichtet sind.

In welche specielle Gruppe der dicyrtiden Cyrtoideen unsere Art im künstlichen System zu stellen ist, hängt davon ab, ob man sie, mit Rücksicht auf die rudimentären Apophysen und die drei longitudinalen Furchen, noch als triradiate oder ob man sie als eradiate Form gelten lassen, ob man sie also zu den Tripocyrtiden oder Sethocyrtiden stellen will. Entscheidet man sich für erstere Ansicht, so gelangt man schließlich (vergl. Rep., p. 1194) zu den Sethoperinen (= Dicyrtida triradiata clausa), und in der That zeigen einige Formen der Gattungen *Sethopera* (mit 3 in der Thorakalwandung eingeschlossenen Rippen), *Micromelissa* und *Peromelissa* (mit 3 divergierenden Seitenflügeln) eine ziemlich weitgehende Uebereinstimmung, so z. B. *Sethopera oceania* (EHRENBERG, 1872, Taf. IV, Fig. 21; Rep., p. 1232; vergl. Textfig. 86), *S. lagena* aus Barbados (EHRENBERG, 1875, Taf. III, Fig. 4; Rep., p. 1233), *Peromelissa capito* aus Barbados (EHRENBERG, 1875, Taf. III, Fig. 14; Rep., p. 1237; vergl. Textfig. 87), *Peromelissa calva* (Rep., p. 1237, Taf. LVII, Fig. 12) und die schon erwähnte *Micromelissa bombus* (Rep., p. 1235, Taf. LVII, Fig. 14; vergl. Textfig. 85). Wenn bei den *Micromelissa*-Arten die Cephalis einen Achsenstab mit mehreren Querästen enthält (vergl. BÜTSCHLI, 1882, Taf. XXXIII, Fig. 26), während die Cephalis von *Lithopera denticulata* kein Innenskelett

einschließt, so mag dieser Unterschied mit dem Vorhandensein bezw. dem Mangel eines Apicalstachels zusammenhängen. Auch unter den Sethocyrtiden giebt es übrigens Formen, welche mit unserer Species Aehnlichkeit zeigen, so die bereits erwähnte *Dicolocapsa microcephala* (Rep., p. 1312, Taf. LVII, Fig. 1).

Alles in allem möchte ich also die Ehrenberg'sche *Lithopera denticulata* unter der Bezeichnung *Peromelissa denticulata* (Ehrenberg) der Familie der Tripocyrtiden, und zwar der Unterfamilie der Sethoperinen einreihen. Die weitere Untersuchung wird lehren, ob sich nicht später eine natürliche Familie herausheben läßt, bei deren Umgrenzung die eigentümliche Bildung des Innenskelettes, insbesondere vielleicht die dendritische Verzweigung der Querbalken, eine Rolle spielen dürfte und zu welcher auch die andere, oben beschriebene antarktische Art, *Saccospyris antarctica* (Taf. LXXXIV, Fig. 584), zu rechnen ist.

Kehren wir nunmehr zu den beiden Formen zurück, mit welchen unsere Art von Haeckel in einer Gattung zusammengestellt worden ist, nämlich *Pylospyris trinacria* (Textfig. 84) und *P. canariensis*, so unterscheiden sich diese zunächst von *Peromelissa denticulata* durch die zweifächerige Beschaffenheit des unteren Schalenabschnittes, die nach den Abbildungen Haeckel's unzweifelhaft feststehen dürfte und die Spyroideennatur der Formen zu beweisen scheint. Immerhin wäre es, angesichts der großen Aehnlichkeit dieser Formen mit *Peromelissa denticulata*, nicht undenkbar, daß diese zweifächerigen Typen aus einem dreifächerigen, sei es durch allmähliche Rückbildung eines Lobus, sei es auf Grund eines mutativen Prozesses, hervorgegangen sind. Auf den ersteren Entwickelungsweg würde die Thatsache hinweisen, daß bei mehreren Exemplaren von *Peromelissa denticulata* der eine der 3 Thorakallappen der Centralkapsel beträchtlich kleiner ist als die beiden anderen, während das Vorkommen mutativer Vermehrungen und Verminderungen der Antimerenzahl durch zahlreiche Beispiele bei den Tuscaroren erwiesen wird. Es sei speciell an das Nebeneinandervorkommen von zwei- und dreistrahligen Formen von *Tuscaretta tubulosa* (Taf. XXX, Fig. 228, und Taf. XXXI, Fig. 234) erinnert.

Peromelissa denticulata (Ehrenberg).

Taf. LXXXIV, Fig. 582, 583, 591; Textfig. 83.

Lithobotrys denticulata Ehrenberg, 1844, Monatsber. Akad. Berl., S. 203.
Lithopera denticulata Ehrenberg, 1872, Abh. Akad. Berlin, S. 297, Taf. XII, Fig. 7.
Pylospyris denticulata Haeckel, Rep., p. 1083.
Pylospyris denticulata V. Haecker, 1907c, S. 123, Fig. 8.

Schale kegelförmig mit nahezu kreisförmigem Querschnitt, durch eine quere Einschnürung in einen kleineren Abschnitt (Cephalis) und einen größeren (Thorax) geteilt. Letzterer meist durch deutliche Longitudinalfurchen in 3 Loben zerlegt. Wandung der Schale dick, mit unregelmäßigen, rundlichen Poren, welche meist schmäler als die dazwischen liegenden Balken sind, an der Außenseite mit kräftigen Dornen besetzt, welche an der Cephalis apicalwärts, am Thorax, insbesondere an dessen basalem Rande, basalwärts gerichtet sind. Basale Gitterplatte des Thorax dünnwandiger als die übrige Schale, ohne Dornenbesatz.

Das Innenskelett besteht aus drei bandförmigen, dichotomisch verzweigten Querbalken, welche zwischen Cephalis und Thorax gelagert sind und von einem gemeinschaftlichen Centrum radiär gegen die Longitudinalfurchen ausstrahlen. Ihren Ansatzstellen können an der Außenfläche der Schale kleine Höcker entsprechen. Von dem Centrum erstreckt sich ein Achsenstab durch den Thorax nach der Basalplatte. Der Achsenstab kann die Basalplatte erreichen oder er ist rudimentär und hängt frei in die Thoraxhöhle herab.

Höhe der Schale 0,11—0,12, größte Breite 0,08—0,1 mm.

Fundorte: Eis der Antarktis (EHRENBERG); T.-St. 133 (Antarktis, S. 3300—2700, ● ●), 143 (Antarktis, S. 200—100, ● ●), 145 (Antarktis, S. 200—100, ○ ○), 147 (Antarktis, S. 5000 bis 4000, ○ ○).

Verbreitung. Offenbar antarktische Form, welche ähnlich wie die kleinen antarktischen Challengeriden, insbesondere *Protocystis Swirei, acornis* und *bicornis*, mit welchen sie zusammen vorkommt, sich sowohl in der Schicht des Knephoplanktons als auch in den tieferen Regionen (bis ungefähr 3000 m) vorfindet.

Natürliche Familie. Lamprocycladidae.

(Anthocyrtidae — Sethophorminae partim + Phormocyrtidae — Theophorminae partim.)

Ein offenbar sehr großes Kontingent zur Tiefenfauna stellen einige, im natürlichen System sich sehr nahe stehende Gruppen aus den Familien der Anthocyrtidae (Dicyrtida [= Cyrtoidea dithalamia] multiradiata) und Phormocyrtidae (Tricyrtida [= Cyrtoidea trithalamia] multiradiata), speciell aus den Unterfamilien Sethophorminae (Dic. multir. aperta) und Theophorminae (Tric. multir. aperta). Es handelt sich (Taf. LXXXV) um Formen mit einem Apicalhorn und mit kegel- oder glockenförmiger Gitterschale, welche bei den Anthocyrtiden (Fig. 597) auf Grund einer „collaren" Einschnürung in eine kleine Cephalis und einen großen Thorax zerfällt, während bei den Phormocyrtiden (Fig. 594, 595) durch eine zweite „lumbale" Einschnürung noch ein Abdomen abgetrennt wird.

Die Cephalis ist gegen den Thorax, ähnlich wie bei den nahestehenden *Litharachnium*-Arten (vergl. Rep., Taf. LV, Fig. 7 u. a.; BÜTSCHLI, 1882, Taf. XXXIII, Fig. 37), durch eine mehrstrahlige Cortinar- oder Basalplatte abgegrenzt, welche speciell bei *Lamprocyclas intermedia* (Textfig. 88a) aus 4 H-förmig gestellten Querbalken besteht und als Aufhängeapparat für die mehrlappige Centralkapsel dient. Von der Cortinarplatte ragt vielfach ein dünner am Ende etwas keulenförmiger und bedornter thorakaler Achsenstab über die Lumbalstriktur herab (Taf. LXXXV, Fig. 594).

Ist eine Lumbalstriktur vorhanden, so springt von derselben in der Grenzebene zwischen Thorax und Abdomen ein dem Velum der Medusen ähnliches lumbales Diaphragma vor, welches bei vielen, namentlich dünnwandigen Formen, in Gestalt einer dünnen Lamelle verhältnismäßig weit ins Innere hervorragt und so die langen Loben älterer Centralkapseln tief einschnüren kann (Textfig. 88b). Bei dickwandigen Formen hat das lumbale Diaphragma meist nur die Gestalt eines derben Ringwulstes (Taf. LXXXV, Fig. 596).

Das basale Ende des Thorax bezw. Abdomens bietet zahlreiche Verschiedenheiten specifischer und individueller Art dar. Fast immer ist es stark eingezogen und trägt

zwei Kränze von verschieden gestalteten Zähnen, welche mit Haeckel als terminal und subterminal bezeichnet werden können. Die subterminalen Zähne stehen meist mehr oder weniger senkrecht von der Schalenoberfläche ab (Fig. 597), dagegen sind die terminalen, dem glatten, porenlosen Schalenrand direkt aufgesetzten Zähne entweder parallel der Schalenachse gelagert (Fig. 598) oder stark gegen die Schalenachse eingekrümmt (Fig. 594, 597).

Bei mehreren Formen ist die Krümmung des basalen Abschnittes eine gleichmäßige, in welchem Falle auch die zwischen den beiden Zahnkränzen gelegene Zone von Poren durchbrochen ist. Dieses Verhalten findet sich z. B. bei *Anthocyrtidium biseriale* (Taf. LXXXV, Fig. 597).

Bei den übrigen Formen ist aber die schmale Zone zwischen den Zahnkränzen durch eine Ringkerbe gegen die eigentliche Schale abgesetzt und in dem Fall nicht von Poren durchlöchert. So entsteht ein kragen- oder kraterähnlicher Schalensaum (Peristom), dessen Rand von den terminalen Zähnen besetzt ist (Fig. 594, 595).

Nicht selten fehlt der terminale Zahnkranz. Dies ist z. B. bei *Craterocyclas robustissima* der Fall, bei welcher der Schalensaum als glatter, porenloser Wulst manschettenartig vorspringt

Fig. 88 a.

Fig. 88 b.

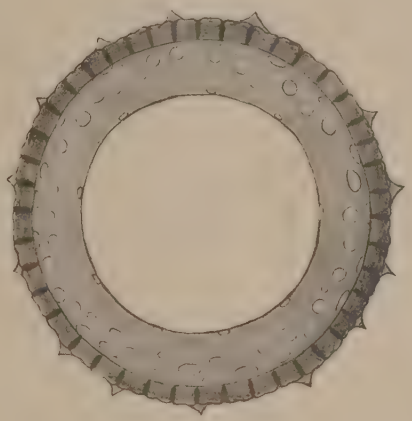


Fig. 88 c.

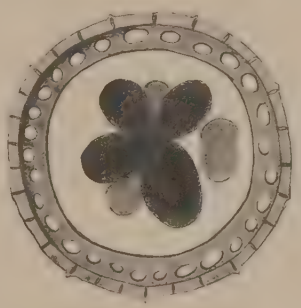


Fig. 89.

Fig. 88 a—c. Cortinarplatte, lumbales und terminales Diaphragma von *Lamprocyclas intermedia*

Fig. 89. Centralkapsel von *Lamprocyclas intermedia* n. sp. im optischen Durchschnitt (auf der Höhe des lumbalen Diaphragmas).

(Fig. 596), und ebenso bei einzelnen offenbar zu *Lamprocyclas intermedia* gehörenden Individuen, deren Schalensaum als ein breites horizontales (terminales) Diaphragma, ähnlich dem lumbalen Diaphragma, gegen die Schalenmündung gerichtet ist (Textfig 88 c).

Bei einer zu *Lamprocyclas intermedia* gehörigen, sehr dünnwandigen Variante (T.-St. 221) waren weder terminale, noch subterminale Zähne ausgebildet.

Die Centralkapsel ist bei jüngeren Exemplaren deutlich vierlappig, entsprechend der vierstrahligen Beschaffenheit der Cortinarplatte. Bei älteren Exemplaren, bei welchen die vier Loben noch über die lumbale Einschnürung hinausragen, finden sich zwischen ihnen, in den Nahrungsmassen eingebettet, einige rundliche oder unregelmäßig geformte Gebilde, welche ich als abgeschnürte Teile der Centralkapselloben betrachten möchte (Textfig. 89). Bei dem in Taf. LXXXV, Fig. 597 abgebildeten Exemplar von *Anthocyrtidium biseriale* sind 2 von den 4 Centralkapselloben durch Fäden mit dem Schalenrand verbunden.

In den Schließnetzfängen der „Valdivia“ haben sich folgende, zum Teil gut auseinanderzuhaltende Formen vorgefunden:

a) Anthocyrtidae (Dicyrtida multiradiata). Ohne Lumbalstriktur. Unterfamilie: Sethophorminae (Dicyrtida multiradiata aperta).

Gattung. *Anthocyrtidium* HAECKEL.

Ohne Thorakalrippen, mit Apicalhorn und mit subterminalen Zähnen.

Anthocyrtidium biseriale n. sp.

Taf. LXXXV, Fig. 597.

Schale sehr dünnwandig, mit weiten, hexagonalen Poren und sehr dünnen Balken, mit ausgeprägter Collarstriktur, ohne jede Lumbalstriktur. Apicalstachel kantig, einseitig der Cephalis aufgesetzt. Schalenrand gleichmäßig eingekrümmt, ohne „Schalensaum“. Subterminale Zähne kräftig, horizontal abstehend; terminale Zähne dünn, etwas eingekrümmt.

Gesamtlänge (einschließlich des Apicalstachels) 0,14 mm.

Fundort: T.-St. 170 (südlicher Indik, S. 200—100, ●).

A. biseriale zeigt am meisten Anklänge an das centralpacifische *A. cineraria* (HAECKEL, Rep., p. 1278, Taf. LXII, Fig. 16) und an *Anthocyrtis ophirensis* (EHRENBERG, 1872, Taf. IX, Fig. 13; Rep., p. 1270) aus dem Indik, nur daß bei ersterem nur ein subterminaler, bei letzterem nur ein terminaler Zahnkranz vorhanden ist. Da indessen in Bezug auf die Bezahnung des Schalenrandes nach den Beobachtungen bei anderen Formen sehr weitgehende individuelle Verschiedenheiten aufzutreten scheinen, so gehören vielleicht alle genannten Formen als Individualvarianten einer und derselben Art an.

b) Phormocyrtidae (Tricyrtida multiradiata). Mit Lumbalstriktur. Unterfamilie Theophorminae (Tricyrtida multiradiata aperta). Schalenmund offen.

Gattung. *Craterocyclas* n. gen.

Ohne Radialrippen; mit subterminalem Zahnkranz und kraterförmigem Peristom.

Craterocyclas robustissima n. spec.

Taf. LXXXV, Fig. 596.

Schale außerordentlich derbwandig, mit großen, rundlichen Poren, welche zwei- bis dreimal so breit als die Balken sind, mit deutlicher Collar- und weniger deutlicher Lumbalstriktur. Apicalstachel einseitig der Cephalis aufgelagert, derb-kegelförmig. Lumbales Diaphragma in Gestalt eines derben Ringwulstes. 7—8 subterminale, kurze, derbe Zähne. Peristom glatt, porenlos, in Gestalt eines cylindrischen Kragens.

Gesamtlänge 0,21 mm.

Fundort: T.-St. 227 (nördlicher Indik, S. 600—400, ●).

C. robustissima zeigt bezüglich der Beschaffenheit der Schale und insbesondere des Peristoms am meisten Aehnlichkeit mit *Anthocyrtium Ehrenbergi* (STÖHR, 1880, Taf. III, Fig. 21 b; Rep., p. 1277) aus dem Tertiär Siciliens, nur daß bei letzterer Form die lumbale Einschnürung fehlt.

Gattung. *Lamprocyclas* Haeckel.

Ohne Radialrippen, mit doppeltem Zahnkranz. Die folgenden Formen gehören sehr nahe zusammen und sind wahrscheinlich der nämlichen Großart einzurechnen.

Lamprocyclas dentata n. sp.

Taf. LXXXV, Fig. 598.

Schale derbwandig, mit großen, rundlichen Poren, mit undeutlichen Strikturen. Apicalhorn, an der Spitze mit zwei bis drei Zähnchen, welche die Fortsetzung der (mitunter spiralig aufsteigenden) flügelförmigen Kanten des Stachels bilden. Lumbalstriktur schmal, wulstartig. Die Zähne beider Kränze kurz und derb.

Gesamtlänge 0,2 mm.

Fundort: T.-St. 121 (Westwindtrift, S. 500—300, ● ●).

Lamprocyclas intermedia n. sp.

Taf. LXXXIV, Fig. 585; Textfig. 88 a—c, 89.

Schale von mittlerer Dicke, aber niemals so dünn wie bei *Anthocyrtidium biseriale* und niemals so dick wie bei den vorhergehenden und bei der folgenden Art, im Thorax meist dünner als im Abdomen, mit deutlicher Collar- und Lumbalstriktur, mit rundlichen, deutlich in Längsreihen angeordneten Poren. Apicalstachel meist mit drei deutlichen Flügeln, welche zuweilen in kleine Spitzen auslaufen. Lumbales Diaphragma bei derbwandigen Schalen schmal, wulstartig, bei dünnen Schalen breit, lamellenartig (Textfig. 88b). Zwei Kränze von kurzen Zähnen. Zuweilen fehlt der terminale Kranz, seltener beide. Bei fehlendem Terminalkranz kann der Schalenrand, ähnlich dem lumbalen Diaphragma, in Form einer velumartigen Lamelle gegen den Schalenmund vorspringen (Textfig. 88 c).

Gesamtlänge 0,2—0,25 mm.

Von voriger Form durch die Struktur der Gitterschale, durch den meist spitzigen Apicalstachel und das vielfach lamellenartige Diaphragma, von der folgenden durch geringere Schalendicke und die Bezahnung des Mundes unterschieden.

Fundorte: T.-St. 42 (Guineastrom, S. 550—250 ● ●, dünnschalig), 66 (Golf von Guinea, S. 700—600, ○ ○; S. 500—350, ○), 175 (südlicher Indik, S. 400—370, ●, sehr dünnschalig), 221 (nördlicher Indik, S. 220—185, ●, dünnschalig), 228 (nördlicher Indik, S. 420—350, ●, sehr dünnschalig; 320—250, ● ●, dünnschalig; 220—150, ●), 229 (nördlicher Indik, S. 1600—1400, ○ ○; 600—400, ●; 400—200, ● ●, ziemlich derbschalig), 236 (nördlicher Indik, S. 180—130, ● ●. sehr dünnschalig; 120—100, ● ●, dünnschalig), 237 (nördlicher Indik, S. 4950—4600, ○ ○ ○),

Verbreitung. Im wesentlichen Bewohnerin der warmen Meeresgebiete und vorzugsweise knephoplanktonisch.

Lamprocyclas maritalis Haeckel.

Taf. LXXXV, Fig. 594, 595.

Lamprocyclas maritalis Haeckel, Rep., p. 1390, Taf. LXXIV, Fig. 13, 14; V. Haecker, 1907c, S. 125, Fig. 12.

Schale sehr derbwandig, mit zwei bald leichten, bald deutlicher ausgeprägten Strikturen. Apicalhorn mit drei oder vier dicken, geraden oder schraubig gedrehten Längswülsten, zwischen welchen tiefe Längsfurchen liegen (ähnlich dem Apicalhorn von *L. deflorata*, Rep., p. 1391, Taf. LXXIV, Fig. 10; in Fig. 594 sind die Reste des abgebrochenen Apicalhorns in Gestalt von 4 Pfeilern zu sehen). Lumbales Diaphragma bald fehlend, bald als dicker Ringwulst oder als schmale Horizontallamelle entwickelt. Subterminaler Zahnkranz aus wenigen kurzen Zähnen, terminaler Kranz aus 9—11 sehr derben, reusenartig über die Mundöffnung gewölbten Zähnen bestehend.

Gesamtlänge (Spitze des Apicalstachels bis Peristomrand) 0,18—0,2 mm.

Die mir vorliegenden Exemplare unterscheiden sich von der vorigen Form durch die außerordentliche Derbwandigkeit und die reusenartige Anordnung des terminalen Kranzes. Sie stimmen sehr genau mit *L. maritalis* HAECKEL überein, auch der von HAECKEL beschriebene spiralige Verlauf der Leisten des Apicalhorns ist bei einem Exemplar angedeutet. Einen doppelten Porencontur weisen meine Exemplare nicht auf, doch handelt es sich hierbei, wie einzelne Exemplare von *L. intermedia* und namentlich die Befunde bei den Castanelliden (S. 148) zeigen, nur um individuelle Unterschiede, welche von dem Grad der Verkieselung in den Balkenachsen abhängen.

Fundorte: T.-St. 237 (nördlicher Indik, S. 4950—4600, ○ ○ ○), 239 (nördlicher Indik, S. 40—25, ○), 268 (nördlicher Indik, S. 4800—4200, ○ ○).

Die vorliegenden Schalen sind teils leer, teils mit Schlamm gefüllt.

Das Vorkommen unserer Form in größeren Meerestiefen kann also nicht bewiesen werden, wird aber durch die außerordentliche Derbheit der Schale wahrscheinlich gemacht. Sehr auffallend ist allerdings der einzelne Fund von T.-St. 239 (S. 40—25!), doch mag ja angesichts der großen Zahl der in dieser Station ausgeführten Schließnetzfänge eine Verunreinigung des Schließnetzes nicht ganz ausgeschlossen sein.

Der nämlichen natürlichen Familie der Lamprocycladiden würden einige andere Phormocyrtiden aus der Unterfamilie der Theophaeninae (Tricyrtida multiradiata clausa) einzureihen sein, bei welchen also der Schalenmund durch eine Gitterplatte geschlossen ist. Hierher gehört:

Gattung. *Hexalodus* n. gen.

Theophaeninen mit 6 Zähnen am Abdomen. Im künstlichen System der Gattung *Hexalatractus* HAECKEL (Rep., p. 1393) am nächsten zu stellen, jedoch mit horizontaler Basalplatte.

Hexalodus dendrophorus n. sp.

Taf. LXXXV, Fig. 593.

Schale sehr derbwandig, mit deutlicher Collar- und Lumbalstriktur. In den Gitter-Knotenpunkten von Cephalis und Thorax erheben sich kurze, derbe, verästelte Dornen, deren Verzweigungen wahrscheinlich eine zarte äußere Gitterschale, ähnlich derjenigen von *Hexacontium* (Textfig. 75, 77) bilden. Apicalhorn kegelförmig. Lumbales Diaphragma als kräftiger Ringwulst ausgebildet. Abdomen durch eine Gitterplatte abgeschlossen, seine Basis mit sechs Apophysen,

von welchen bei meinem Exemplar zwei als breite, gefensterte Pyramiden (Ausbuchtungen der Schalenwand), die übrigen als kurze kräftige Zähne ausgebildet sind.

Gesamtlänge über 0,2 mm.

Centralkapsel mit 4 Loben.

H. dendrophorus erinnert am meisten an einige dreistrahlige Formen aus der Gruppe der Theoperinen (Tricyrtida triradiata clausa), so an *Lithochytris tripodium* (Ehrenberg, 1875, Taf. IV, Fig. 12; Rep., p. 1363) aus dem Tertiär von Barbados und an einige recente *Lithochytris*-Arten (Rep., Taf. LXVII, Fig. 14—16). Auch liegt ein Vergleich mit einigen *Podocyrtis*- und *Thyrsocyrtis*-Arten (Theopilinen = Tricyrtida triradiata aperta) nahe.

Fundort: T.-St. 227 (nördlicher Indik, S. 600—400, ●).

Natürliche Familie. Plectopyramididae.

(Phaenocalpidae-Archiphorminae partim + Anthocyrtidae-Sethophorminae partim.)

Den Lamprocycladiden stehen sehr nahe einige kegel- oder pyramidenförmige Formen mit viereckigem Maschenwerk und offenem Munde, welche im künstlichen System, je nachdem eine Cephalis fehlt oder deutlich abgesetzt ist, zu den Archiphorminae [Monocyrtida[1]) multiradiata aperta] oder zu den Sethophorminae [Dicyrtida[2]) multiradiata aperta] gestellt worden sind.

In den Schließnetz- und Vertikalnetzfängen wurden wiederholt hierher gehörige, mit Centralkapseln versehene Formen gefunden, die wegen der derben Beschaffenheit ihrer Schale mit großer Wahrscheinlichkeit als Bewohner der tieferen Regionen anzusehen sind.

Gattung. *Plectopyramis* Haeckel.

Sethophorminen mit zahlreichen Radialrippen in der Wandung des pyramidenförmigen Thorax. Netzwerk doppelt: die groben primären Maschen sind von einem feinen sekundären Netzwerk ausgefüllt. Cephalis mit oder ohne Horn.

Plectopyramis polypleura Haeckel.

Taf. LXXXIV, Fig. 592; Textfig. 90.

Plectopyramis polypleura Haeckel, Rep., p. 1260, Taf. LVI, Fig. 8.
Sethopyramis fenestrata V. Haecker, 1907 c, p. 125, Fig. 11.

Schale derbwandig, glatt, kegelförmig, mit geraden Konturen. Cephalis klein, mit sehr kleinen Poren und (nach Haeckel) mit einem schiefen, konischen Horn von doppelter Länge. Thorax mit 20—30 Längsrippen, von welchen (nach Haeckel) meist 12 als stärkere Primär-, die übrigen als schwächere Zwischenrippen ausgebildet sind. Die durch zahlreiche Horizontalbalken gebildeten primären Maschen sind in der Gegend der Kegelspitze durch ein feines sekundäres Netzwerk ausgefüllt, welches bei meinem Exemplar (im Gegensatz zu dem feinen

1) Cyrtoidea monothalamia.
2) Cyrtoidea dithalamia.

Netzwerk von *Cinclopyramis*) die Gestalt von schwach gewölbten, an der Außenfläche der Balken ansetzenden Siebplatten besitzt (Textfig. 90).

Bei meinem Exemplar fehlt ein Apicalhorn (möglicherweise abgebrochen), ferner sind bei ihm die Längsrippen gleichmäßig ausgebildet, und das sekundäre Netzwerk ist nur in einer bestimmten Zone in der Nähe der Schalenspitze entwickelt.

Schalenlänge (Cephalis + Thorax) nach HAECKEL 0,39 mm, bei meinem Exemplar 0,25 mm.

Fundort: T.-St. 229 (nördlicher Indik, S. 800—600, ●).

Cinclopyramis gigantea n. sp.

Taf. LXXXV, Fig. 599; Textfig. 91.

In T.-St. 55 (Guineastrom, V.) wurde eine Plectopyramidide gefunden, welche ich, obwohl nur ein Exemplar mit unvollständiger Centralkapsel und zwar in einem Vertikalnetzzug erbeutet wurde, doch wegen ihrer bedeutenden Größe als eine Tiefenform betrachten möchte. Während nämlich die Schalenlänge von *Plectopyramis polypleura* 0,25—0,39 mm beträgt und auch die meisten anderen hierher gehörigen Formen eine Schalenlänge von 0,2 bis höchstens 0,4 mm besitzen, ist die Länge der (wahrscheinlich unvollständigen) Schale bei der vorliegenden Art 0,95 und diejenige der beiden (ebenfalls abgebrochenen) Hörner mindestens 0,55 mm (vergl. Textfig. 91 a—c, wo bei gleicher Vergrößerung *Cinclopyramis gigantea*, *Acanthosphaera* und *Craterocyclas* abgebildet sind). *P. gigantea* kommt also in

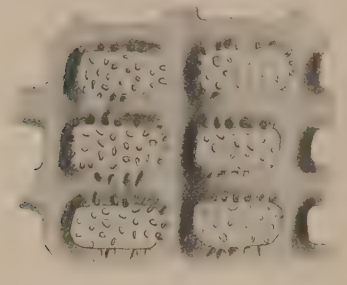


Fig. 90.

Fig. 90. Primäres und sekundäres Gitterwerk von *Plectopyramis polypleura* HAECKEL.

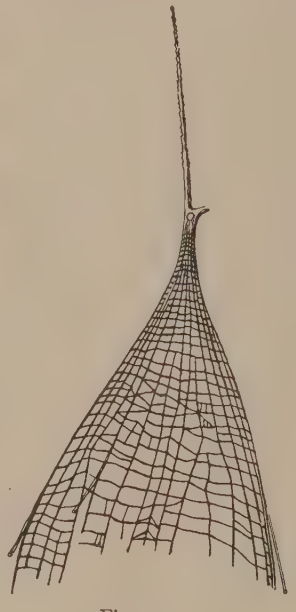


Fig. 91 a.

Fig. 91 b.

Fig. 91 c.

Fig. 91 a—c. *Cinclopyramis gigantea*, *Acanthosphaera hirsutissima* und *Craterocyclas robustissima* bei gleicher Vergrößerung gezeichnet.

Bezug auf die Schalenlänge den pacifischen Formen *Sethopyramis bicornis* und *maxima* (Rep., p. 1256) gleich, mit denen sie auch sonst vieles Gemeinsame hat. Nur fehlt unserer Form vollständig die Cephalisbildung, und außerdem ist sie von den *Sethopyramis*-Arten durch die Ausbildung des sekundären Maschenwerkes und wahrscheinlich durch die Entwickelung eines äußeren spongiösen Gitterwerkes unterschieden.

Artdiagnose: Schale pyramidenförmig, mit geschweiftem Umriß, im oberen Abschnitt mit zum Teil verzweigten Dornen besetzt, welche wahrscheinlich eine äußere Gitterschale tragen (ähnlich wie bei *Peripyramis* und *Spongopyramis*), ohne jede Cephalisbildung. Schalenspitze mit 2 divergierenden, kräftig bedornten Hörnern von mindestens 0,55 mm

Länge. Etwa 40 akrofugal sich verdünnende Längsbalken, welche, in der Nähe der Schalenspitze durch parallel verlaufende Querbalken gekreuzt, in den basalen Schalenabschnitten durch Quer- und Schrägbalken zu einem unregelmäßigeren Netzwerk verbunden werden. (Das Balkenwerk erinnert so an die Antiklinen und Periklinen eines pflanzlichen Vegetationskegels. Die zahlreichen Unregelmäßigkeiten in der Balkenverbindung finden in den auf Taf. XLV abgebildeten Monstrositäten der Aulosphäriden ihr Analogon.) Etwa in der Mitte der Schalenhöhe entspringen von einigen (mindestens drei) Längsbalken unter spitzem Winkel cylindrische, derbe, schwach bedornte Radialstacheln, welche eine Strecke weit durch Anastomosen mit dem Gitterwerk der Schale verbunden sind. Im apicalen Schalenabschnitt sind die Fensteröffnungen von zarten, großenteils rechtwinklig sich kreuzenden Fäden durchsetzt, welche von den einander zugekehrten Seiten der Balken (nicht, wie die Siebplatten von *Plectopyramis polypleura*, von der Außenfläche der Balken) entspringen, zuweilen auch mehrere Fenster und Balken überspringen.

Länge der Schale mindestens 0,95 mm.

Fundort: T.-St. 55 (Guineastrom, V., ●).

Gattung. *Sethophormis* Haeckel.

Textfig. 92.

Wiederholt wurden in tiefer gehenden Schließnetz- und Vertikalnetzzügen große, zart gefensterte Dicyrtiden mit birnenförmiger Centralkapsel gefunden, welche in die Gattung *Sethophormis* (Dicyrtida multiradiata mit flacher, glocken- oder hutförmiger Schale), und zwar in die Untergattung *Astrophormis* (mit 20 oder mehr Radialrippen) gehören.

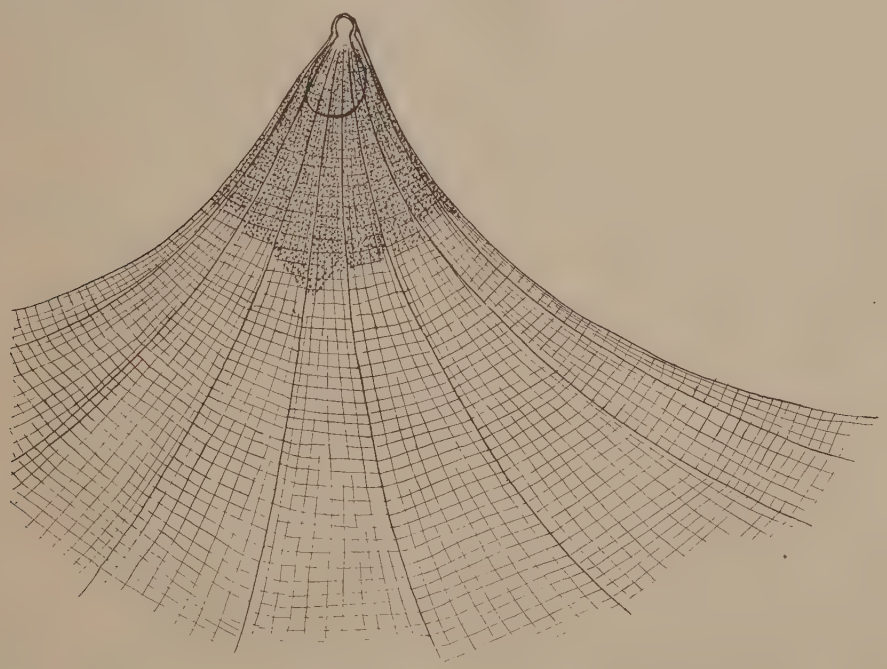


Fig. 92. *Sethophormis* sp.

Speciell in Schließnetzfängen fanden sich zwei vermutlich nahe zusammengehörende Formen mit wohlerhaltener Centralkapsel. Die T.-St. 175 (südlicher Indik, S. 400—370) lieferte eine hutförmige, der *Sethophormis leptopilium* HAECKEL (Rep., p. 1249) einigermaßen nahestehende Art mit sehr kleiner Cephalis und mit 19—20 nach außen konkaven Längsrippen, welche durch ein außerordentlich zartes, viereckiges Maschenwerk verbunden sind (Textfig. 92). Der Durchmesser des Peristoms beträgt 0,56 mm. Eine sehr ähnliche Form mit einem Peristomdurchmesser von 1 mm wurde in T.-St. 66 (Golf von Guinea, S. 700—600) erbeutet. Bei ersterer hing aus der Cephalis eine birnförmige Cetralkapsel in den Thorax herab, bei letzterer besaß die Centralkapsel, von unten gesehen, einen runden Umriß, ist also wahrscheinlich ebenfalls birnenförmig.

Sehr auffallend ist, daß sich diese zartmaschigen Formen in so großen Tiefen vorfinden. Möglicherweise handelt es sich um zufällige Vorkommnisse.

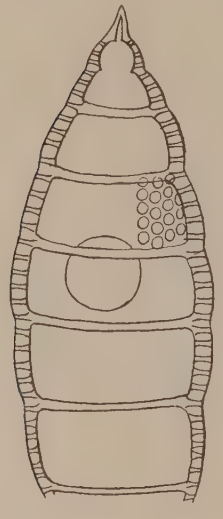


Fig. 93. *Eusyringium* sp.

Familie. Lithocampidae.

(Stichocyrtida [= Cyrtoidea polythalamia] eradiata.)

Textfig. 93.

In T.-St. 237 (S. 4950—4600) wurden zahlreiche Individuen einer Lithocampide gefunden, welche dem centralpacifischen *Eusyringium siphonostoma* HAECKEL (Rep., p. 1499, Taf. LXXX, Fig. 14) und dem *Eu. raphanus* [STÖHR] (STÖHR, 1880, Taf. IV, Fig. 12), bezw. dem *Eucyrtidium elongatum* STÖHR (1880, Taf. IV, Fig. 10) aus dem Tertiär Siciliens nahestehen (Textfig. 93). Die meisten Exemplare, die im übrigen mancherlei Abweichungen bezüglich der Form und Kammerzahl zeigen, sind mit Schlamm gefüllt, bei einem fand ich aber in einer der Kammern einen deutlichen, centralkapsel-ähnlichen Körper, so daß, angesichts der Derbwandigkeit aller Formen, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß es sich um Tiefenbewohner handelt.

Bemerkenswert ist, daß auch aus jurassischen Ablagerungen verschiedene von RÜST zu den Gattungen *Stichophormis* und *Stichocapsa* gestellte Arten bekannt sind, welche unseren Formen sehr nahestehen (RÜST, 1885, Taf. XVI, Fig. 2, 9, 12).

IV. Nachträge.

Im folgenden sollen noch einige Funde zusammengestellt werden, welche erst nach Abschluß der Bearbeitung der betreffenden Gruppen gemacht wurden.

Aulacanthidae.

Textfig. 94.

Einige Nadeln von *Aulocoryne zetesios* (S. 75) sind nachträglich in T.-St. 34 (canarische Strömung, V.) gefunden worden. Das Bild, welches man sich von der Verbreitung dieser Art machen kann, wird durch dieses Vorkommnis nicht verändert.

Ferner kam aus der Ausbeute von T.-St. 182 (südlicher Indik) nachträglich ein Exemplar von *Aulokleptes flosculus* zum Vorschein, welches in typischer Weise alle Phasen des bisher nur in T.-St. 236 gefundenen Scabiosen-Typus (S. 64, Taf. XLII, Fig. 305—309) aufweist.

Zu den Aulacanthiden oder vielleicht auch zu den Cölodendriden möchte ich vorläufig auch die in mehreren Stationen gefundenen weichkörperlosen Centralkapseln stellen. Solche nackte Centralkapseln wurden in größerer Zahl namentlich in T.-St. 32 (canarische Strömung, V.) und 139 (Antarktis, V.) erbeutet. Sie gleichen im ganzen den Centralkapseln der Aulacanthiden und sind von wechselnder Größe. Die größten besitzen einen Längendurchmesser von 0,33 mm. Leider waren fast alle Exemplare, die ich zum Schneiden verwerten konnte, ungenügend konserviert. Nur bei einer der größten, mit Pikrinsäure fixierten Centralkapseln war etwas Näheres über die Strukturverhältnisse festzustellen (Textfig. 94). Der ellipsoidische Kern ist dicht gefüllt mit einfachen (nicht paarig gelagerten), langen, schlauchförmigen Chromosomen, welche eine dunkel färbbare Rinde und eine helle Binnensubstanz besitzen. Die Astropyle zeigt durchaus die Beschaffenheit der Astropylen der Aulacanthiden, die zweifellos erst in Bildung begriffenen Parapylen *(p)* lassen einen sehr tief in der Intrasarkode gelagerten Bulbus erkennen, von welchem ein dunkler Strang nach der Oberfläche zieht. Ein eigentlicher Parapylenhof, d. h. eine bei ausgebildeten Centralkapseln stets deutlich vorhandene alveolenfreie Plasmapartie im Umkreis der Parapyle, ist nicht vorhanden. Die Parapylen erinnern im ganzen an die Bilder, welche Borgert (1900, S. 254, Fig. BB—DD) von den Anfangsstadien der in Entwickelung begriffenen Parapylen von *Aulacantha* gegeben hat. Jedenfalls darf gesagt werden, daß die betreffende Centralkapsel eben erst aus einem Zweiteilungsprozeß hervorgegangen ist. Ob dies auch für die übrigen nackten Centralkapseln gilt, war bei dem mangelhaften Konservierungszustand nicht festzustellen.

Fig. 94. Schnitt durch eine freie Centralkapsel aus T.-St. 32. Schlauchförmige Chromosomen und Parapylenanlage.

Aulosphaeridae.

Textfig. 95, 96 a—e.

In T.-St. 32 (canarische Strömung, V.) wurde ein größeres Stück eines *Aulosphaera*-Skelettes vorgefunden, welches zu den interessantesten der im „Valdivia"-Material enthaltenen Monstrositäten gehört, insofern es gewissermaßen die Charaktere von 4 oder 5 sonst wohlunterschiedenen Tripyleen-Familien in sich vereinigt. Eine genaue Artbestimmung konnte nicht vorgenommen werden, da die Radialstacheln sämtlich abgebrochen waren.

Bei Betrachtung mit schwächerer Vergrößerung (Textfig. 95) zeigt ein Teil des Skelettes die typischen Strukturverhältnisse von *Aulosphaera* mit hohlen, von Achsenfäden durchzogenen Tangentialbalken und regelmäßigen, meist sechsstrahligen Knotenpunkten (Textfig. 95, rechts); ein anderer, in sich geschlossener Teil dagegen ist durch scheibenförmige Ausbildung der Knotenpunkte ausgezeichnet (Textfig. 95, links) und erinnert also schon bei oberflächlicher Betrachtung mehr an die Skelette der Sagosphäriden mit ihren in den Knotenpunkten verschmolzenen Tangentialbalken. An der Grenze beider Bezirke zeigen sich verschiedene Uebergänge: bei einzelnen

Knotenpunkten (Textfig. 96a) ist die äußere Lamelle des „Radgelenkes (*g*) stärker abgehoben, als dies normalerweise bei *Aulosphaera* der Fall ist (vergl. S. 102, Textfig. 12), bei anderen (Textfig. 97b) beginnt sich in die Zwickel zwischen der äußeren Gelenklamelle und den konischen Enden der

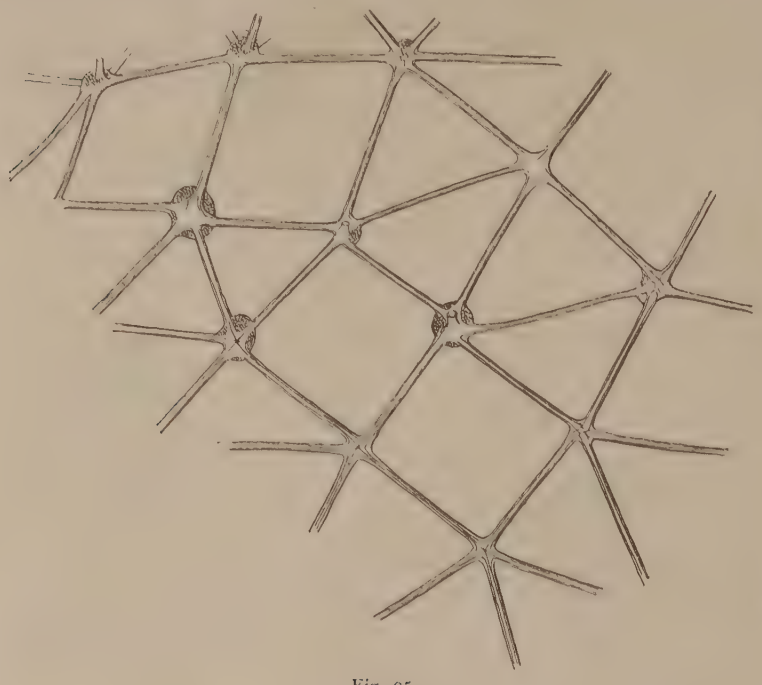


Fig. 95.

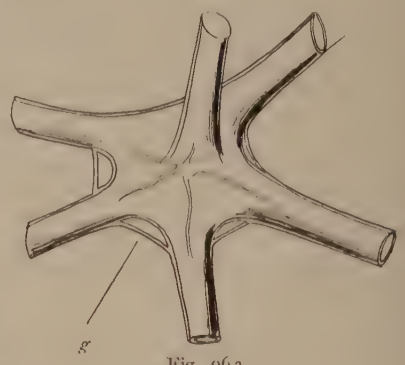


Fig. 96a.

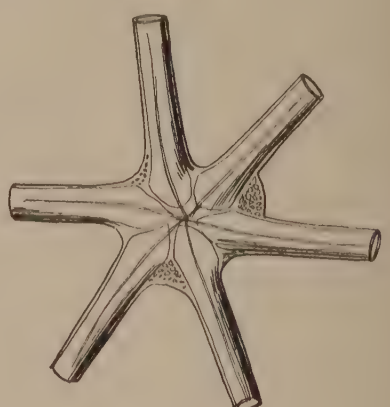


Fig. 96b.

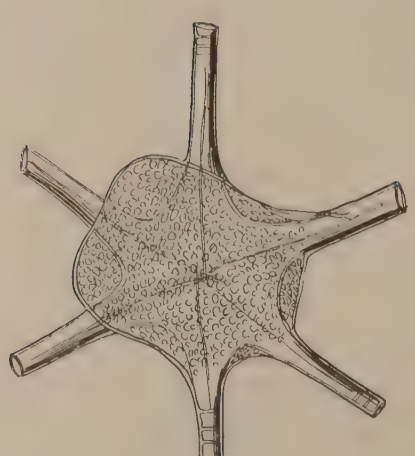


Fig. 96c.

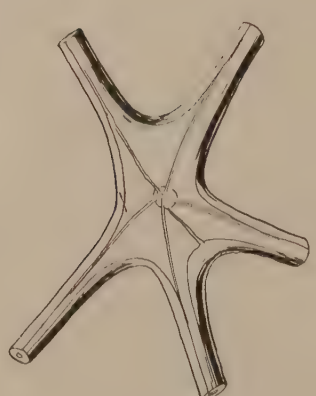


Fig. 96d.

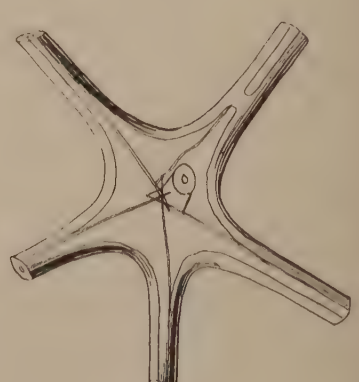


Fig. 96e.

Fig. 95. Abnormes Skelett von *Aulosphaera*.
Fig. 96a—e. Einzelne Knotenpunkte desselben Skeletts.

Tangentialröhren eine poröse, „sekundäre" Kieselmasse einzulagern, und dieser Zustand führt endlich hinüber zu denjenigen Knotenpunkten, bei welchen die ganze Sternfigur in eine scheibenförmige, poröse, auf den Präparaten vielfach luftdurchtränkte Masse eingebacken erscheint (Textfig. 96c).

Solche Bilder erinnern dann sehr an manche Vorkommnisse bei Sagosphäriden (vergl. Taf. XIX, Fig. 168), aber merkwürdigerweise zeigen die nämlichen Knotenpunkte gleichzeitig Anklänge an zwei andere, viel weiter abstehende Gruppen, an die Familien der Challengeriden und Medusettiden, indem in der Nähe der scheibenförmigen Knotenpunkte die hohlen Tangentialbalken vielfach durch quere Scheidewände mehr oder weniger regelmäßig gekammert sind (Textfig. 96 c). Damit sind aber die Beziehungen dieser Monstrosität zu anderen Familien nicht erschöpft: bei einzelnen Knotenpunkten (Textfig. 96 d, e) hat nämlich der Verkieselungsprozeß einen ganz anderen Verlauf genommen, insofern nur die äußere, in diesem Fall allerdings sehr dicke Gelenkhaut zur Ausbildung gelangt und die centralen Balkenstümpfe überhaupt nicht als selbständige Gebilde zur Entwickelung gelangt sind. Solche Knotenpunkte erinnern sehr an unfertige Castanelliden-Skelette (Taf. XXXVIII, Fig. 290), sowie an das früher beschriebene unvollständig verkieselte Skelett von *Sagenoarium anthophorum* (Taf. XLVIII, Fig. 368, besonders bei c und d), und zwar um so mehr, als die angrenzenden Tangentialbalken keinen kontinuierlichen Hohlraum aufweisen, wie bei den Aulosphäriden, sondern mehr oder weniger vollständig verkieselt sind und also mehr den massiven Stäben der Sagosphäriden entsprechen.

In der hier beschriebenen Monstrosität von *Aulosphaera* tritt uns abermals ein ganz besonders instruktives Beispiel für die weitverbreitete Thatsache entgegen, daß, wenn einmal der durch Vererbung fixierte Gleichgewichtszustand verlassen wird, die Ausschläge nach verschiedenen Seiten hin stattfinden. In unserem speciellen Fall handelt es sich dabei nicht etwa bloß um Anklänge an benachbarte Arten und Gattungen, wie dies für ähnliche Monstrositäten, z. B. bei den Aulacanthiden, zu gelten pflegt, sondern es werden sogar die Merkmale mehrerer Familien in verschiedenen Kombinationen miteinander vereinigt.

Von weiteren nachträglichen Befunden aus dem Gebiet der Aulosphäriden sei noch ein Exemplar von *Auloscena robustissima* aus T.-St. 85 (Benguelastrom, V.) erwähnt. Diese Form war vorher (S. 121) nur aus dem südlichen Indik bekannt.

Sagosphaeridae.

Textfig. 97.

In T.-St. 151 (Antarktis, S. 100—10) fand sich noch ein vollständiges Exemplar von *Sagoscena praetorium* (s. S. 137, Taf. XV, Fig. 145—146), also einer auch sonst in der Antarktis öfters gefundenen Form.

In T.-St. 142 (Antarktis, V.) wurden ferner Reste einer *Sagenoscena*-Art mit einfachem, unverzweigtem, am Ende in eine feine Spitze auslaufendem Radialstachel gefunden, welche als *Sagenoscena monodon* n. sp. bezeichnet werden möge (Textfig. 97).

Castanellidae.

Castanidium longispinum wurde weiter noch gefunden in T.-St. 132 (Antarktis, S. 500—350, ● ●), 151 (Antarktis, S. 300—200, ●), 239 (nördlicher Indik, S. 113—85, ● ●, 1 Exemplar mit Copepodeneiern; S. 81—64, ●).

Unsere nach den bisherigen Befunden als knephoplanktonisch zu bezeichnende Art geht also nahe bis an die Region des Phaoplanktons (0—50 m) herauf.

Circoporidae.

Textfig. 98.

Von *Circostephanus valdiviae* wurde in T.-St. 268 (nördlicher Indik, V.) ein zweites Exemplar mit 24 Radialstacheln gefunden, welches im übrigen dem früher (S. 184) beschriebenen durchaus gleicht. Da in der Tafelfigur (Taf. XXI, Fig. 179) aus Versehen der Dornenbesatz der Radialstacheln weggelassen ist, so gebe ich in Textfig. 98 nochmals einige Radialstacheln wieder.

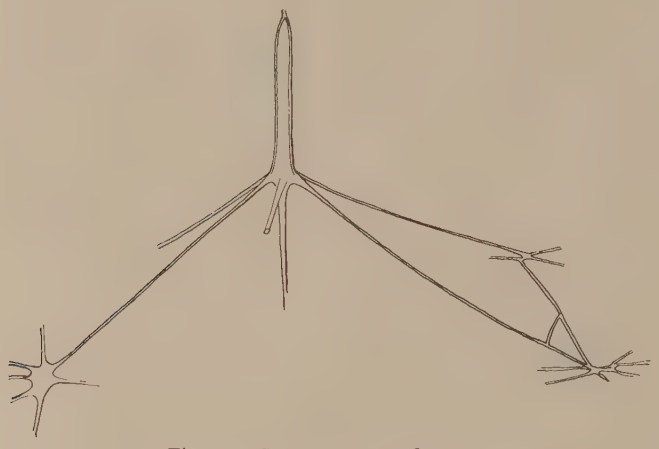


Fig. 97. *Sagenoscena monodon* n. sp.

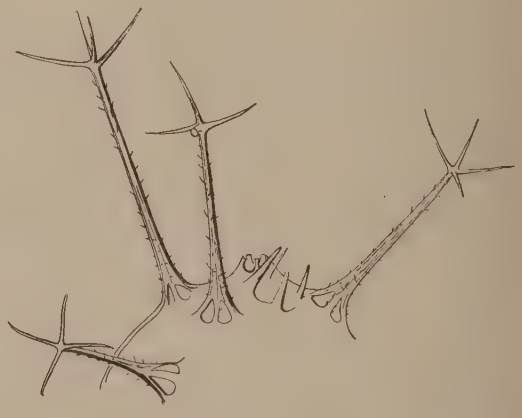


Fig. 98. Teil eines Skelettes von *Circostephanus valdiviae* n. sp.

Medusettidae (Atlanticellidae).

Durch seine Untersuchungen über *Atlanticella* (1905), insbesondere durch die Auffindung vollkommen skelettloser, zu dieser Gattung gehöriger Formen ist es BORGERT (1907a) ermöglicht worden, auch einer Reihe anderer aberranter Protozoenformen eine bestimmte Stelle im System anzuweisen. Es handelt sich um Organismen, welche zum Teil die Gestalt einer kugeligen oder leicht eiförmigen Blase besitzen (Textfig. 100—102), zum Teil mit kurzen, dicken Fortsätzen oder mit langen, dünnen Armen ausgestattet sind (Textfig. 99). Bei allen in Frage stehenden Formen besteht der von einer Hüllmembran umgebene Zellkörper großenteils aus Gallerte, während die „Protoplasmascheibe", d. h. die rundliche oder scheibenförmige, den Kern einschließende Hauptmasse des Protoplasma einseitig der Innenfläche der Hüllmembran eingelagert ist. Von dem vakuolisierten Rande der Protoplasmascheibe strahlen an der Innenfläche der Membran in meridionaler Richtung Protoplasmazüge gegen den gegenüberliegenden (aboralen) Pol aus (Textfig. 100), auch kann von der aboralen Seite der Protoplasmascheibe ein derber Verbindungsstrang durch die Gallerte hindurch nach dem aboralen Pol hin ziehen (Textfig. 101) und hier eine fontänenartige Aufteilung erfahren. Bei einer der Formen, *Lobocella proteus*, konnte BORGERT feststellen, daß die radiären Plasmastränge der aboralen Fontäne sich teils direkt, teils

durch Vermittelung eines unregelmäßigen, an der Innenfläche der Hüllmembran ausgebreiteten Maschenwerkes mit den radiären von der Protoplasmascheibe ausstrahlenden Plasmazügen in Verbindung setzen. BORGERT hält es daher für wahrscheinlich, daß die geschilderten Strukturen den Ausdruck einer kreisenden Protoplasmaströmung bilden, und man wird speciell an die Verhältnisse bei *Phaeocolla valdiviae* (S. 8, Taf. XLII, Fig. 302) erinnert, bei welcher Form ebenfalls eine Art von regelmäßiger Cirkulation zu bestehen scheint. Im ganzen ist, wie BORGERT betont, eine große Aehnlichkeit unserer Formen mit den Cystoflagellaten nicht zu verkennen (man beachte namentlich *Halocella tentaculata* mit ihrer rudimentären Proboscis, Textfig. 102), aber die Tripyleen-Natur der ersteren wird deutlich dadurch erwiesen, daß — mit einer Ausnahme — bei allen Formen an der Stelle, wo der Protoplasmakörper der Hüllmembran aufliegt, ein deutliches Operculum (Oeffnungshof) mit radiärer Streifung zu sehen ist (Textfig. 99). Der ganze Körper würde also einer Centralkapsel entsprechen, und da ferner BORGERT bei einer seiner Arten *(Halocella gemma)* ein unregelmäßiges, spongiöses Kieselskelett dem Operculum angelagert fand, welches einigermaßen mit dem hohlen Klöppel von *Atlanticella* verglichen werden kann, so wurde er dazu geführt, alle genannten Formen in der von ihm neu gegründeten Familie der Atlanticelliden unterzubringen (1907a, S. 446).

Von den in der „National"-Ausbeute enthaltenen, neuen Formen haben sich mehrere auch im „Valdivia"-Material wiedergefunden. Insbesondere liegen mehrere Exemplare von *Cornucella maya* vor. Unter diesem Namen faßt BORGERT alle diejenigen Formen zusammen, welche einen deutlichen strahligen Oeffnungshof und mehrere lange, horn- oder armartige Fortsätze besitzen:

Cornucella maya BORGERT.

Textfig. 99.

Cornucella maya BORGERT, 1907a, S. 436, Fig. 4, 5.

Centralkapsel sphärisch oder nahezu sphärisch mit mehreren (bei meinen Exemplaren 4—6) langen, zipfelförmigen Fortsätzen, welche mit einem etwas verbreiterten Basalstück der Centralkapsel aufsitzen und so an die Radialstacheln der Tuscaroren im häutigen Entwickelungsstadium erinnern.

Hüllmembran dünn, im konservierten Material zart gefältelt. Operculum kreisförmig mit deutlicher Radiärstreifung.

Protoplasmascheibe nach BORGERT der Astropyle angelagert, mit radiär gerichteten, pseudopodien-

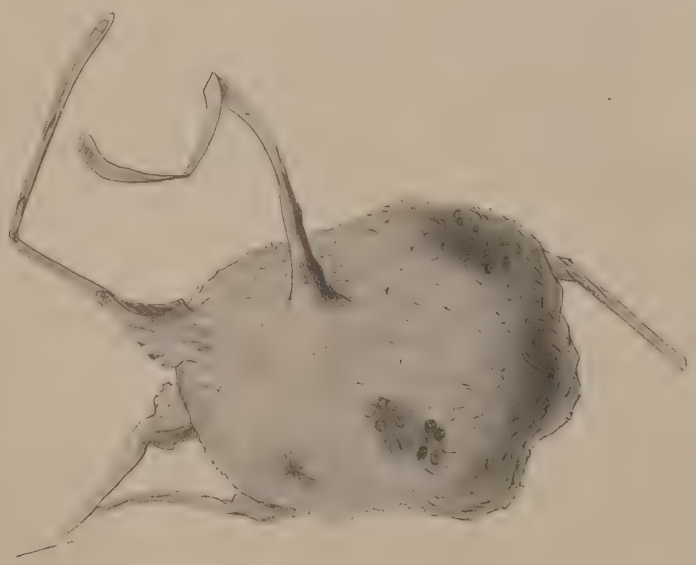


Fig. 99. *Cornucella maya* BORGERT.

artigen Fortsätzen. Ein kräftiger, die Gallerte durchziehender Strang verbindet die Protoplasmascheibe mit dem aboralen Pol und entsendet hier nach allen Seiten dünne Ausläufer. (Diese Verhältnisse waren bei meinen, überwiegend mit Alkohol konservierten Exemplaren nicht genau zu erkennen.)

Ueber den in der Protoplasmascheibe gelagerten Kern kann ich keine Aussagen machen, da ich keine ausreichenden Schnittbilder bekommen habe. (In dem in Textfig. 99 abgebildeten Exemplar waren Protoplasmascheibe und Kern zerfallen.)

Längster Durchmesser der Centralkapsel bei meinen Exemplaren 0,12—0,2 m.

Fundorte: Atlantik (BORGERT); T.-St. 26 (canarische Strömung, V.), 46 (Südäquatorialstrom, V.), 55 (Guineastrom, P. 200), 66 (Golf von Guinea, V.), 229 (nördlicher Indik, S. 600—400), 268 (nördlicher Indik, V.).

Verbreitung: Nach dem „Valdivia"-Material ist unsere Form hauptsächlich in wärmeren Meeresgebieten zu Hause und anscheinend knephoplanktonisch.

Ferner fanden sich im „Valdivia"-Material:

Halocella inermis n. sp.

Textfig. 100, 101.

Centralkapsel geoïdisch, mit flacher Oral- und Aboralseite, ohne Fortsätze.

Hüllmembran dünn. Operculum nicht ausgebildet; an seiner Stelle ein kleiner, scheibenförmiger, dunkler Körper, welcher durch einen kurzen Stiel mit der von der Hüllenmembran etwas abgerückten Protoplasmascheibe verbunden ist und vielleicht ein Homologon der Proboscis darstellt (vergl. Textfig. 101, unten).

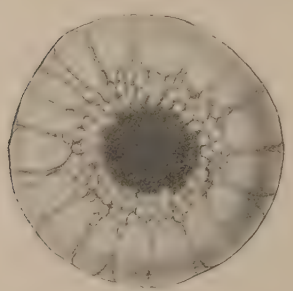


Fig. 100.

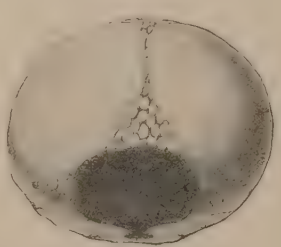


Fig. 101.

Fig. 100. *Halocella inermis* n. sp. Oralansicht.
Fig. 101. *Halocella inermis* n. sp. Seitenansicht.

Protoplasmascheibe sehr regelmäßig vakuolisiert, in etwa 20 meridionale Stränge auslaufend (Textfig. 100), durch diese letzteren, sowie durch einen derben, die Gallerte durchsetzenden Achsenstrang (Textfig. 101) mit dem aboralen Pol verbunden. Kern geoïdisch.

Größter Durchmesser der Centralkapsel 0,5 mm.

Fundort: T.-St. 42 (Guineastrom, S. 2000—1700).

Die vorliegende Form stimmt in Bezug auf die allgemeine Gestalt und Struktur mit *Halocella gemma* BORGERT (1907 a, Fig. 1) überein, von welcher sie sich aber durch den Mangel eines Skelettes unterscheidet. Hinsichtlich der korbförmigen Anordnung des Protoplasmas besteht auch mit *Lobocella proteus* BORGERT (1907 a, Fig. 2) eine ziemlich weitgehende Uebereinstimmung, so daß die systematische Stellung unserer Form in der Nähe einer dieser beiden BORGERT'schen Formen nahezu sicher sein dürfte.

Halocella (?) tentaculata n. sp.

Textfig. 102.

Centralkapsel (?) nahezu sphärisch.

Hüllmembran derb, von körniger Beschaffenheit, stark tingierbar. Ein eigentliches, radiär gestreiftes Operculum ist nicht ausgebildet, dagegen ist an einer Stelle der Hüllmembran ein kreisförmiges, helles Feld differenziert, in dessen Mitte sich ein hornförmiger, dunkel tingierbarer Vorsprung (rudimentäre Proboscis?) erhebt.

Eine „Protoplasmascheibe" ist nicht vorhanden; ein excentrischer, scheibenförmiger Körper von spongiöser Beschaffenheit (Sublimat-Alkohol-Konservierung!) ist wohl als Kern zu deuten.

Größter Durchmesser 0,42 mm.

Fundort: T.-St. 32 (canarische Strömung, V.).

Möglicherweise ist auch diese Form als eine skelettlose Centralkapsel zu deuten und in die Nähe obiger Formen zu stellen. Um ein Cystoflagellat dürfte es sich wohl schwerlich handeln.

Im Anschluß an die Besprechung seiner neuen Gattungen geht Borgert (1907a, S. 443) nochmals auf die systematische Stellung der von ihm aufgestellten Familie der Atlanticelliden ein. Gegenüber der von mir (1906c, S. '894; vergl. oben S. 304) geäußerten Ansicht, daß eine Abtrennung der Atlanticelliden von den Medusettiden nicht angebracht sei, da die beiden Familien eine kontinuierliche Reihe von Arten darbieten, hebt Borgert hervor, daß zwar die Gattungen *Planktonetta* und *Nationaletta* bei aller sonstigen Verschiedenheit in Bezug auf das charakteristische Merkmal der Medusettiden, nämlich die Kammerung der Stacheln, mit den kleineren Formen *(Medusetta* und *Euphysetta)* übereinstimmen und daher mit ihnen in eine engere Beziehung gebracht werden können, daß aber jedenfalls das Genus *Atlanticella* durch die Zahl und Beschaffenheit der Centralkapselöffnungen, durch den Mangel eines Diaphragmas und durch den besonderen Bau der Stacheln wesentlich von den Gattungen *Planktonetta* und *Nationaletta* verschieden sei. Wollten wir daher die Gattung *Atlanticella* mit in die gleiche Familie einreihen, so würde dies nur mit einem gewissen Zwang geschehen können, und gerade auf das ckarakteristische Merkmal der Medusettiden, die Beschaffenheit der Stacheln, müßte verzichtet werden. Borgert weist dann ferner noch darauf hin, daß die kleineren Medusettiden sehr enge Beziehungen zu den Challengeriden aufweisen und daß man zwischen diesen beiden Formengruppen mindestens ebenso leicht einen Uebergang finden könnte, wie zwischen *Atlanticella* und den Medusettiden.

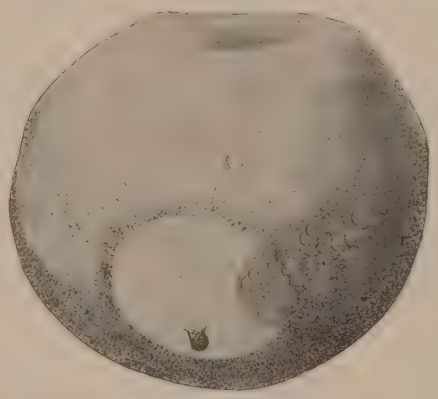


Fig. 102. *Halocella (?) tentaculata* n. sp.

Ich möchte das Gewicht einiger der Gründe gewiß nicht verkennen, welche Borgert gegen eine Vereinigung der Atlanticellen mit den Medusettiden vorgebracht hat. Indessen ist bezüglich der drei von Borgert hervorgehobenen Punkte (Centralkapsel, Diaphragma, Stacheln) darauf hinzuweisen, daß wenigstens bei dem Genus *Globicella*, welches Borgert ebenfalls zu den

Atlanticelliden stellt, die Centralkapselöffnungen eine ganz ähnliche Beschaffenheit zeigen wie bei *Planktonetta* und *Nationaletta*, daß ein Diaphragma vorübergehend (nämlich bei der Fortpflanzung) auch bei *Nationaletta* fehlen kann (Taf. LIX, Fig. 459) und daß die Stachelstrukturen von *Atlanticella*, wie oben (S. 291) gezeigt wurde, sich ohne weiteres an die Verhältnisse bei *Planktonetta* anschließen und damit auf die Kammerung der Medusettiden-Stacheln zurückführen lassen. Auch ist daran zu erinnern, daß, was BORGERT in seiner Kontroverse nicht beachtet hat, der Klöppel von *Atlanticella* doch zweifellos mit der sekundären Außenschale von *Nationaletta* in eine engere Beziehung gebracht werden kann (S. 297). So wird man denn auch meiner Auffassung ein gewisses Recht nicht abstreiten können. Im übrigen dürfte es sich aber hier, wie bei allen Versuchen, eine größere, ziemlich kontinuierliche Formenreihe systematisch zu gliedern, mehr um eine Frage der persönlichen Empfindung und allenfalls um praktische Rücksichten handeln. Letztere scheinen mir aber dafür zu sprechen, wo es irgend möglich ist, die Zahl der aufzustellenden Familien nicht allzusehr zu vergrößern.

Am Schluß seiner Abhandlung (1907) kommt BORGERT noch auf die von mir geäußerte Anschauung zu sprechen, daß FOWLER's *Gazelletta fragilis* nicht mit der von BORGERT beschriebenen *Gazelletta* bezw. *Nationaletta fragilis* identisch sei. Er glaubt an der Identität festhalten zu sollen, eine endgiltige Entscheidung dieser Angelegenheit wird sich aber wohl erst herbeiführen lassen, wenn vollständige Tiere vorliegen.

Literaturverzeichnis zum Systematischen Teil.

Die mit * bezeichneten Arbeiten sind mir unzugänglich gewesen.

AURIVILLIUS, C. W. S. (1899), Animalisches Plankton aus dem Meere zwischen Jan Mayen, Spitzbergen, K. Karlsland und der Nordküste Norwegens. Svensk. Vet. Ac. Handl., Vol. 32, 1899.

*BAILEY, J. W. (1856), Notice of microscopic forms found in the soundings of the Sea of Kamtschatka. Am. Journ. Sci. and Arts, Ser. 2, Vol. 22, 1856.

BORGERT, A. (1891), Ueber Dictyochiden, insbesondere über Distephanus speculum, sowie Studien an Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LI, 1891.

— (1892), Vorbericht über einige Phäodarien-(Tripyleen-)Familien der Plankton-Expedition. Erg. Plankt.-Exp., Bd. I, A, Kiel u. Leipzig 1892.

— (1896), Zur Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (Phäodarien). Zool. Anz., Jahrg. 19, 1896.

— (1896a), Fortpflanzungsverhältnisse bei tripyleen Radiolarien (Phäodarien). Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1896.

— (1900), Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speziell von Aulacantha scolymantha. I. Teil. Zool. Jahrb. (Anat. Abt.) 1900.

— (1901), Die tripyleen Radiolarien des Mittelmeeres. Mitt. Zool. Stat. Neapel, Bd. XIV, 1901.

— (1901a), Die nordischen Tripyleenarten. Nord. Plankton, No. 15, Kiel u. Leipzig 1901.

— (1902), Mitteilungen über die Tripyleenausbeute der Plankton-Expedition. I. Neue Medusettiden, Circoporiden und Tuscaroriden. Zool. Jahrb. (System. Abt.), Bd. XVI, 1902.

— (1903), Mitteilungen über die Tripyleen-Ausbeute der Plankton-Expedition. II. Die Tripyleenarten aus den Schließnetzfängen. Zool. Jahrb. (Syst. Abt.), Vol. 19, 1903.

Borgert, A. (1905), Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. Tuscaroridae. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. 2, 1905.
— (1905a), Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. Atlanticellidae. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. 3, 1905.
— (1906), Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. Medusettidae. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. 4, 1906.
— (1907), Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. Concharidae. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. 5, 1907. (Konnte im Systematischen Teil nicht mehr berücksichtigt werden.)
— (1907a), Ueber ein paar interessante neue Protozoenformen aus dem Atlantischen Ozean und anderes. Dritte Mitt. über d. Trip.-Ausb. d. Plankt.-Exp. Arch. Prot., Bd. IX, 1907.
Brandt, K. (1885), Die koloniebildenden Radiolarien (Sphärozoëen) des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. Fauna und Flora d. Golfes v. Neapel, 13. Monogr. Berlin 1885.
— (1890), Neue Radiolarienstudien. Mitt. Ver. Schlesw.-Holst. Aerzte, 12. Heft, 1890.
— (1902), Beiträge zur Kenntnis der Colliden. Arch. Prot., Bd. I, 1902.
— (1905), Zur Systematik der koloniebildenden Radiolarien. Zool. Jahrb., Suppl. 8, 1905.
Brock, Hj. (1906), Bemerkungen über zwei Tripyleenarten aus dem Nordmeere. Zool. Anz., Bd. XXIX, 1906.
Bütschli, O. (1880—82), Protozoa. I. Abt. Sarcodina und Sporozoa. Bronns Klassen und Ordnungen, Bd. I, Leipzig. u. Heidelberg 1880—82.
— (1883), Beiträge zur Kenntnis der Radiolarienskelette, insbesondere der der Cyrtida. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XXXVI, 1883.
— (1887—89), Protozoa. III. Abt. Infusoria und System der Radiolaria. Leipzig 1887—89.
Calkins, G. N. (1904), Evidences of a sexual-cycle in the life-history of Amoeba proteus. Arch. Prot., Bd. V, 1904.
*Certes, A. (1889), Protozoaires. Mission scientifique du Cap Horn, 1882—83, T. VI, Zool. 1889.
Chun, C. (1897), Die Beziehungen zwischen dem arktischen und antarktischen Plankton. Stuttgart 1897.
— (1900), Aus den Tiefen des Weltmeeres. 1. Aufl. Jena 1900.
— (1903), Aus den Tiefen des Weltmeeres. 2. Aufl. Jena 1903.
— (1904), Die vertikale Verbreitung des marinen Planktons. Compte-rendu 6me Congr. Intern. Zool., Berne 1904.
Cleve, P. T. (1899), Plankton collected by the Swedish expedition to Spitzbergen in 1898. Svensk. Vet. Ac. Handl., V. XXXII, 1899.
Doflein, F. (1907), Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. V. Amöbenstudien. Erster Teil. Arch. f. Prot., Suppl. I, 1907.
Dreyer, F. (1889), Die Pylombildungen in vergleichend-anatomischer und entwickelungsgeschichtlicher Beziehung. Jen. Zeitschr., Bd. XXIII, 1889.
— (1892), Die Prinzipien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien und Echinodermen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung organischer Gebilde. Jen. Zeitschr., Bd. XXVI, 1892.
Ehrenberg, Ch. G. (1872), Mikrogeologische Studien über das kleinste Leben der Meerestiefgründe aller Zonen und dessen geologischen Einfluß. Abh. Berl. Ak. Wiss., 1872.
— (1875), Polycystinenmergel von Barbados. Abh. Berl. Ak. Wiss., 1875.
— (1860), Ueber den Tiefgrund des Stillen Ozeans zwischen Californien und den Sandwich-Inseln. Mon.-Ber. Ak. Wiss. Berl., 1860.
Fowler, G. H. (1898), Contributions to our knowledge of the plankton of the Faroe Channel, No. VII. Proc. Zool. Soc. Lond., 1898.
— (1903), On Planktonetta atlantica, Borgert. Quart. Journ. Micr. Sc., Vol. XLVII, 1903.
— (1904), Notes on the anatomy of Gazelletta. Quart. Journ. Micr. Sci., Vol. XLVIII, 1904.
Goldschmidt, R. (1907), Ueber die Lebensgeschichte der Mastigamöben. Sitz.-Ber. Ges. Morph. München, 1907.
— (1907a), Lebensgeschichte der Mastigamöben, Mastigella vitrea n. sp. und Mastigina setosa n. sp. Arch. Prot., Suppl. I, 1907.
Haeckel, E. (1862), Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria). Eine Monographie. Berlin 1862.
— (1879), Ueber die Phäodarien, eine neue Gruppe kieselschaliger mariner Rhizopoden. Sitz.-Ber. Jena. Ges. f. Med. u. Nat., 1879.
— (1887), Report on the Radiolaria collected by H. M. S. „Challenger" during the years 1873—76. Chall. Rep. Zool. Vol. XVIII, 1887.
— (1887a), Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria). Eine Monographie. 2. Teil. Grundriß einer allgemeinen Naturgeschichte der Radiolarien. Berlin 1887.

HÄCKER, V. (1904), Bericht über die Tripyleen-Ausbeute der deutschen Tiefsee-Expedition. Verh. Zool. Ges., 1904.
— (1904a), Ueber die biologische Bedeutung der feineren Strukturen des Radiolarienskeletts. Jen. Zeitschr., Bd. XXXIX, 1904.
— (1905), Finales und Kausales über das Tripyleenskelett. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. LXXXIII, 1905.
— (1906), Zur Kenntnis der Challengeriden. Vierte Mitt. über die Trip.-Ausbeute d. Deutsch. Tiefsee-Exp. Arch. Prot., Bd. VII, 1906.
— (1906a), Zur Kenntnis der Castanelliden und Porospathiden. Fünfte Mitt. über die Tripyleen der „Valdivia"-Ausbeute. Arch. Prot., Bd. VIII, 1906.
— (1906b), Ueber die Mittel der Formbildung im Radiolarienkörper. Sechste Mitt. etc. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1906.
— (1906c), Ueber einige große Tiefsee-Radiolarien. Siebente Mitt. über die Radiol. der „Valdivia"-Ausbeute. Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.
— (1907), Zur Statik und Entwickelung des Cölographidenskelettes. Achte Mitt. etc. Arch. Prot., Bd. IX, 1907.
— (1907a), Altertümliche Sphärellarien und Cyrtellarien aus großen Meerestiefen. Neunte Mitt. etc. Arch. Prot., Bd. X, 1907.
— (1907b), Ueber Chromosomen und Sporenbildung bei Radiolarien. Zehnte Mitt. etc. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1907.

HENSEN, V. (1887), Ueber die Bestimmung des Planktons etc. 5. Bericht d. Komm. z. wiss. Unters. d. deutsch. Meere in Kiel f. d. Jahre 1882—1886. Berlin 1887.

HERTWIG, R. (1876), Zur Histologie der Radiolarien. Leipzig 1876.
— (1879), Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879.
— (1898), Ueber Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von Actinosphaerium Eichhorni. München 1898.
— (1907), Lehrbuch der Zoologie, 8. Aufl. Jena 1907.

IMMERMANN, F. (1903), Ueber Fremdkörperskelette bei Aulacanthiden. Zool. Anz., Bd. XXVII, 1903.
— (1904), Die Tripyleen-Familie der Aulacanthiden der Plankton-Expedition. Erg. d. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. Kiel u. Leipzig 1904.

JÖRGENSEN, E. (1900), Protophyten und Protozoen im Plankton der norwegischen Westküste. Berg. Mus. Aarbog 1899, Vol. VI, 1900.
— (1905), The Protist plankton and the Diatoms in Bottom samples, in: O. NORDGAARD, Hydrographical and biological investigations in Norwegian fjords. Bergen 1905.

KARAWAJEW, W. (1895), Beobachtungen über die Struktur und Vermehrung von Aulacantha scolymantha HAECK. Zool. Anz., Jahrg. 18, 1895.

LANG, A. (1901), Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. 2. Aufl., 2. Lief.: Protozoa. Jena.
LÉGER, L. (1904), La réproduction sexuée chez les Stylorhynchus. Arch. Prot., Bd. III, 1904.
LO BIANCO, S. (1903), Le pesce abissali eseguite da F. A. KRUPP col Yacht „Puritan" nelle adiacenze di Capri ed in altre località del Mediterraneo. Mitt. Zool. Stat. Neapel, Bd. XVI, 1903.

LOHMANN, H. (1899), Untersuchungen über den Auftrieb der Straße von Messina, mit besonderer Berücksichtigung der Appendicularien und Challengerien. Sitz.-Ber. preuß. Akad. Wiss., 1899.

MEISENHEIMER, J. (1905), Pteropoda. Wiss. Erg. deutsch. Tiefsee-Exp., Bd. IX, 1905.
MÖBIUS, K. (1887), Systematische Darstellung der Tiere des Planktons etc. 5. Ber. d. Komm. z. wiss. Unters. d. deutsch. Meere. Berlin 1887.
MURRAY, JOHN (1876), Preliminary reports on work done on board the „Challenger". Proc. R. Soc. Lond., Vol. XXIV, 1876.
— (1879), Briefliche Mitteilung an HAECKEL. Vergl. Rep., p. 1523.
— (1885), Narrative on the cruise of H. M. S. „Challenger". Chall. Rep., V. I, 1885.
NEUMAYR, M. (1889), Die Stämme des Tierreiches. Wirbellose Tiere. Bd. I, Wien u. Prag, 1889.
POPOFSKY, A. (1904), Die Acantharia der Plankton-Expedition. Teil I. Acantharia. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. f. a. 1904.
PRANDTL, H. (1905), Reduktion und Karyogamie bei Infusorien. Biol. Centralbl., Bd. XXV, 1905.
PROWAZEK, S. (1904), Die Entwickelung von Herpetomonas etc. Arb. Gesundheitsamt, Bd. XX, 1904.
— (1905), Studien über Säugetiertrypanosomen. Ebenda, Bd. XXII, 1905.

Rothpletz (1880), Radiolarien, Diatomaceen und Sphärosomatiten im silurischen Kieselschiefer von Langenstriegis in Sachsen. Zeitschr. Geol. Ges., Bd. XXXII, 1880.

Rüst, W. (1885), Beiträge zur Kenntnis der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura. Paläontogr., Bd. XXXI, 1885.

Schaudinn, F. (1895), Ueber die Teilung von Amoeba binucleata Gruber. Sitz.-Ber. Ges. naturf. Freunde Berlin, 1895.

— (1903), Untersuchungen über die Fortpflanzung einiger Rhizopoden. Arb. Gesundheitsamt, Bd. XIX, 1903.

— (1904), Generations- und Wirtswechsel bei Trypanosoma und Spirochaete. Arb. Gesundheitsamt, Bd. XX, 1904.

— (1905), Neue Forschungen über die Befruchtung bei Protozoen. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1905.

Schewiakoff, W. (1902), Beiträge zur Kenntnis der Radiolaria-Acanthometrea. Mém. Ac. Imp. Sci. St.-Pétersbourg, VIII. Sér., T. XII, 1902.

Schröder, O. (1906), Neue Protozoen der deutschen Südpolar-Expedition. Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.

— (1906a), Neue Radiolarien (Cytocladus gracilis und Cytocladus major) der deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. Deutsche Südp.-Exp., Bd. IX, 1906.

— (1906b) Eine neue Cytocladusart (Cytocladus spinosus). Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.

— (1907), Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Myxosporidia, Sphaeromyxa labrazesi (Laveran et Mesnil). Arch. Prot., Bd. IX, 1907.

Stöhr, E. (1880), Die Radiolarien-Fauna der Tripoli-Fauna von Grotte (Provinz Girgenti in Sizilien). Palaeontogr., Bd. XXVI, 1880.

Vanhoeffen, E. (1897), Das Plankton des Karajak-Fjordes. Grönland-Exp. d. Gesellsch. f. Erdk. 1891—1893, Bd. II, 1897.

*Wallich, G. C. (1862), The north atlantic sea-bed. London 1862.

*— (1869), On some undescribed testaceous rhizopods from the north atlantic deposits. Monthly micr. Journ. Vol. I, 1869.

Woltereck, R. (1904), Ueber die Entwickelung der Velella aus einer in der Tiefe vorkommenden Larve. Erste Mitteilung über die Tiefenplanktonfänge der Zoologischen Station in Villefranche s. m. Zool. Jahrb., Suppl. VII (Festschr. f. Weismann) 1904.

Zittel, K. A. (1876), Ueber einige fossile Radiolarien aus der Norddeutschen Kreide. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., Bd. XXVIII, 1876.

Namenregister zum Systematischen Teil.

Seite

Acanthosphaera 435
hirsutissima 436
Anthocyrtidae 452, 457
Anthocyrtidium 454
biseriale 454
Archiphorminae 457
Astracantha heteracantha . . 387
heteracanthoides 388
paradoxa 387
umbellifera 388
Astrosphaeridae 435
Atlanticella . . . 305, **313**, 464
bicornis 315
morchella 315
Atlanticellidae 304, 464
Aulactinium 37, **95**
Aulacantha 37, **90**
cannulata 94
clavata 94
laevissima 91, 94
scolymantha 91
spinosa 90
Aulacanthidae . . 4, 10 **11**, 460
Aulastrum 111, **123**
mirabile 124
monoceros 124
spinosum 124
trichoceros 124
Aulatractus 111, **118**
fusiformis 119
ovulum 113
septentrionalis 113
Auloceros 37, **46**
arborescens 52, 53
birameus 53
dichodendrum . . . 53
elegans 54
subelegans 54
irregularis 54
trigeminus 55
spathillaster var. birameus 53
trigeminus 55
Aulocoryne 37, **72**

Seite

Aulocoryne dentata 68
candelabrum 69
zetesios 73, 460
Aulodendron 37, 88
antarcticum 89
heteracanthum . . . 90, 387
verticillatum 90
Aulographantha 37
Aulographella 37
pistillum 62
triaena 60
Aulographidium 38
Aulographis **37**
arcuata 44
asteriscus 41
bicurvata 44
candelabrum 69
flosculus 62
furcula 46
hexancistra 46
martagon 62
mediterranea 68
moorensis 71
pandora 39
pentastyla 43
pistillum 62
pulvinata 71
stellata 41
tetrancistra 45
tetrastyla 43
triaena 60
triangulum 44
triglochin 44
Aulographonium . . . 37, 38, **66**
anthoides 72
antarcticum 70
bicorne 69
candelabrum 69
indicum 70
mediterraneum 68
polystylum 71
pulvinatum 71

Seite

Aulokleptes 37, **55**
flosculus 62, 461
ramosus 60
Aulopetasus 37, **75**
charoides 75
Auloscena 111, **120**
atlantica 121
pelagica 123
pyramidalis 120
robustissima 121
verticillus 121
Aulospathis 37, **76**
variabilis 84
aulodendroides . . . 85
bifurca 86
diodon 85
furcata 87
monodon 85
tetrodon 84
triodon 84
bifurca 86
diodon 85
furcata 87
hexodon 87
pinus 87
tetrodon 84
triodon 84
Aulosphaera **111**
bisternaria 113
coronata 113
diodon 112
elegantissima 117
filigera 113
labradoriensis 117
Monstrosität 461
robusta 116
robustissima 463
spathillata 116
trigonopa 112
triodon 112
trispathis 116
verticillata 118
Aulosphaeridae . . 4, 6, **99**, 461

Seite

Beloidea 389
Beroetta melo 282
Cadiinae 258, **280**
Cadium 258, **281**
caudatum 283
fischeri 281
inauris 283
marinum 281, 282
melo 282
Cannobelida 10
Cannorrhaphidae 9
Cannosphaera **129**
antarctica 129
lepta 130
Cannosphaeridae . . . 4, 6, **125**
Castanarium 154, **155**
antarcticum 156
favosum 156
hookeri 155
schütti 155
Castanea 155, **168**
amphora 170
globosa 168
henseni 168
Castanella 154, **156**
sloggetti 157
thomsoni 157
wyvillei 158
Castanellidae . 5, 6, 143, **144**, 463
Castanidium 155, **161**
apsteini 161
buchanani 161
longispinum . . . 163, 463
moseleyi 166
murrayi 165
sol 164
variabile 161
Castanissa 155, **158**
pseudocastanella 159
valdiviae 159
Castanopsis 155, **167**
cidaris 167
fragilis 167
Castanura 155, **160**
echinus 160
Catinulida 10
Centralkapseln, nackte . . . 461
Challengeranium . . . 258, **278**
diodon 278
Challengeria 258, **259**
balfouri 268

Seite

Challengeria bromleyi . . . 279
harstoni 270, 271
havergalli 267, 306
macleari 265
murrayi 272
naresi 259
sloggetti 271
swirei 263
thomsoni 270
tizardi 266
tridens 262
xiphodon 260
Challengeridae . . . 5, 6, **243**
Challengeron 258, **275**
armatum 275
balfouri 268
bethelli 273
channeri 274
ciliatum 275
diodon 278
edwardsi 307
heteracanthum 278
nathorsti 278
richardsii 264
sacculus 277
tizardi 266
trinacriae 275, 277
willemoesii 275
wyvillei 275
Challengerosium . . . 258, **273**
avicularia 274
bethelli 273
Cinclopyramis gigantea . . 457
Circocastanea 155, **170**
margarita 170
Circocastanellinae 170
Circogonia 180, 184
longispina 184
Circogoniinae 183
Circoporetta 180, 184
Circoporidae . 5, 6, 143, **171**, 464
Circoporus 180, **185**
hexapodius 185
oxyacanthus 185
sexfurcus 183
sexfuscinus . . . 185, 186
Circospathis 180, **183**
sexfurca 183
Circostephanus . . . 180, **184**
longispina 184
valdiviae 184, 464

Seite

Coelagalma 360, **382**
Coelanthemum . . . 360, **382**
auloceroides 382
Coelechinus 360, **366**
wapiticornis 366
Coelodasea 360, **370**
Coelodecas 360, **378**
ambulacrum 380
decastyla 379
furcata 379
pumilio 378
pygmaea 380
Coelodendronium flabellatum 364
Coelodendrum 360, **361**
flabellatum 364
furcatissimum 362
lappaceum 363
spinosissimum 362
Coelodiceras 360, **365**
macropylum 365
spinosum 366
Coelodoras 360, **361**
Coelodorida 361
Coelodorinae 360, **361**
Coelodryminae . . . 360, **368**
Coelodrymus 360, **369**
lanceolatus 369
Coelographis 360, **374**
acuta 374
antarctica 377
coronata 377
palmata 377
pusilla 374
regina 375
Coeloplegma 360, **381**
murrayanum 381
Coeloplegmida 371
Coeloplegminae . . . 360, **371**
Coelospathis 360, **382**
Coelostylus 360, **382**
Coelotetraceras . . . 360, **367**
xanthacanthum 367
Coelothamnus 360, **368**
Coelothauma 360, **368**
Coelotholida 366
Coelotholinae 360, **366**
Coelotholus 360, **368**
Coelothyrsinae 360, **370**
Coelothyrsus 360, **370**
cypripedium 370
Collida 390, 393

Seite

Collodaria 389, 392, 393
Colloidea 389
Collosphaeridae . . . 390, 393
Collozoidea 389
Concharidae 5, 6, 316
Concharium **327**
asymmetricum 328
diatomeum 333
Conchasma 327, **328**
Conchasminae 327
Conchellium 327, **328**
lenticula 332
tridacna 328
Conchidiinae 327, 328
Conchidium 327, **329**
caudatum 331
rynchonella 330
terebratula 329
Conchoceras 327, **331**
caudatum 331
Conchocystis 327, **332**
lenticula 332
Conchonia 327, **332**
Conchophacus 327, **332**
diatomeus 333
Conchopsinae 327, **333**
Conchopsis 327, **333**
orbicularis 335
pilidium 335
Cornucella maya 465
Cortinetta 305
Craterocyclas 454
robustissima 454
Cubosphaeridae 437
Cyrtellaria 445
Cyrtoidea 448
dithalamia triradiata . . 448
„ „ clausa . 448
polythalamia 460
Cytocladus 400, **402**
sp. 407
gracillimus 404
gracilis 403
major 406
spinosus 405
tricladus 406
Dictyochida 10
Discoidea 389
Ellipsoxiphium palliatum . . 441
Entocannula 258, **278**
infundibulum 279

Seite

Eucastanellinae 155
Euphysetta 305, **306**
amphicodon 307
elegans 307
lucani 306
mediterranea 306
rara 306
Gazelletta 305, **308**
atlantica 310
fragilis 309
schleinitzii 308
Haeckeliana **181**
irregularis 183
porcellana 182
Haeckelianinae 181
Halocella inermis 466
? tentaculata 467
Heliochallengeron . . 258, **274**
channeri 274
Heliodiscus asteriscoides . . 444
Hexacontium 437
sp. 438
pachydermum 437
Hexacromium 438
elegans 439
robustum 439
Hexalodus 456
dendrophorus 456
Lamprocycladidae 452
Lamprocyclas 455
dentata 455
intermedia 455
maritalis 455
Larcoidea 389
Lithobotrys denticulata . . 451
Lithocampidae. 460
Lithogromia 257
Lithogromiinae . . . 257, **259**
Lithopera denticulata . 449, 451
Medusetta. **305**
inflata 305
sp. 305
Medusettidae . . 5, 6, **283**, 464
Nassellaria 445
Nationaletta 305, **312**
fragilis 309
valdiviae 312
Oroscena 428
duncanii 428
regalis 428
Orosphaeridae 393, **408**

Seite

Peromelissa denticulata . . 451
Phacodiscidae 444
Phaenocalpidae 457
Phaeocalpia 5, **142**
Phaecoconchia 5, **315**
Phaeocolla valdiviae 7
Phaeocystina 4, **6**
Phaeodaria 1
Phaeodendria 5, **336**
Phaeodinidae 6
Phaeogromia 5, **242**
Phaeosphaeria 4, **95**
Pharyngella 258, **279**
gastrula 279
gastraea 279
Pharyngellinae . . . 258, **278**
Phormocyrtidae 452
Phormospyridae 446
Phormospyris antarctica . . 445
Physematidae 390, 393
Planktonetta 305, **309**
atlantica 310
fragilis 309
Plectopyramididae 457
Plectopyramis 457
polypleura 457
Protocystis 258, **261**
Harstoni-Gruppe . . 258, **268**
Macleari-Gruppe . . 258, **265**
Murrayi-Gruppe . . 258, **272**
Thomsoni-tridens-Gruppe 258, **261**
Swirei-Gruppe . . 258, **263**
Varians-Gruppe . . 258, **267**
acornis 263
alata 271
bicornis 264
gravida 265
harstoni 270
micropelecus 272
nautiloides 270
thyroma 273
tridens 263
tridentata 266
tuba 273
varians 267
Polycyttaria 393
Polypetta 305
Polypetta holostoma . . . 240
Porcupinia 258, **280**
cordiformis 280

Seite

Porospathidae . . 5, 6, 143, **238**
Porospathis **240**
holostoma 240
Prunoidea 389
Pylospyris denticulata . . . 451
Rhodospyrinae 446
Saccospyris antarctica . . . 447
Sagenoarium 136, **140**
antarcticum 141
anthophorum 142
chuni 141
dicranon 140
furcatum 140
verticillatum 141
Sagenoscena 136, **138**
irmingeriana 138
lampadophora 140
monodon 463
tetracantha 139
Sagoscena **136**
castra 136
digitata 137
elegans 138
floribunda 137
praetorium 137, 463
tentorium 137
Sagosphaeridae . 5, 6, **131**, 463
Sethoperinae 448
Sethophorminae . . . 452, 457
Sethophormis 459
Sphaerellaria 389, 390, 393, 429, **435**
Sphaerocollida 390
Sphaeroidea 389
Sphaerozoea 390
Sphaerozoidae 390, 393

Seite

Spumellaria 390, 393, 435
Spyroidea 445
Stichocyrtida eradiata . . . 460
Stylatractus carduus . . . 441
Stylosphaera carduus . . . 441
radiosa 442
Stylosphaeridae 440
Thalassicollidae 390, 393
Thalassophysidae . . . 390, 393
Thalassosphaerida 389
Thalassothamnidae . . 393, **394**
Thalassothamnus . . . 400, **401**
genista 401
ramosus 402
spermatophorus 402
tenerrimus 401
Theophorminae 452
Triceraspyris antarctica . . 445
Tripospyrinae 445
Tripocyrtidae 448
Tripylea 1, 4
Tuscarantha . . 215, 217, **221**
brauerí 222
tetraedra 222
luciae 224
hydra 225
Tuscaretta . . . 216, 217, **227**
aëronautica 229
belknapi 228
calathoides 237
cepa 229
globosa 230
passercula 237
tubulosa. 233
Tuscaridium . . 216, 217, **225**

Seite

Tuscaridium cygneum 226
galeatum 227
lithornidium 226
luciae 224
Tuscarilla . . . 215, 217, **219**
ampulla 219
campanella 221
nationalis 220
scutellum 221
Tuscarora . . . 215, **217**, 230
belknapi 228
bisternaria 218
braueri 222
campanella 221
cygnea 226
galeata 227
murrayi 228
nationalis 220
porcellana 219
scutellum 221
tetraedra 222
tetrahedra 222
tubulosa 223
wyvillei 217
Tuscaroridae . . 5, 6, 143, **186**
Tuscarusa ampulla 219
aëronauta 229
chuni 230
globosa 230
passercula 237
Xiphatractus radiosus . . . 442
Xiphostylus dendrocopus . . 440
Zygospyridae 445

Druckfehlerverzeichnis.

S. 1, Zeile 4 von oben. In einem kleinen Teil der Auflage ist „0,5—1 mm“ statt „0,5—1 cm“ stehen geblieben. Im größten Teil der Auflage wurde die genauere Zahl „0,5—0,8 cm“ eingesetzt.

S. 13, Zeile 16 von oben. Lies: *σπάθη* statt *σπάδη*.

S. 71, Zeile 14 von oben. Bei Aulographonium polystylum fehlt die Fundortsangabe: T. St. 268 (Nördl. Indik, V).

S. 84, Zeile 15 von oben. Es fehlt die Angabe des Durchmessers von Aulospathis variabilis: 3,5—8 mm.

S. 89, Zeile 24 von oben. Lies: antarcticum statt antarticum.

S. 192, Zeile 10 von unten. Lies: 224 statt 234.

S. 194, Zeile 1 von oben. Ebenso.

S. 216, Zeile 5 von unten. Ebenso.

S. 233, Zeile 2 u. 11 von unten. Ebenso.

S. 304, Zeile 11 u. 12 von unten. Lies hinter Atlanticelliden, bezw. *Atlanticella*: (1905a) statt (1905).

S. 380, Zeile 20 von oben. Lies: pygmaea statt pymaea.

Tafelerklärung zu Taf. XXX: Die „Berichtigung“ hat keine Gültigkeit, da auf der Tafel die betreffende Korrektur („224“ statt „234“) noch angebracht werden konnte.

Tafelerklärung zu Taf. LVIII, Fig. 456. Lies: „deren Bulbi“ statt „während die Bulbi noch“.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. 3429.

Tafel LXIII.

Tafel LXIII.

Coelodendridae.

Fig. 488. *Coelodendrum ramosissimum* HAECKEL. T.-St. 49. Vergr. 102.

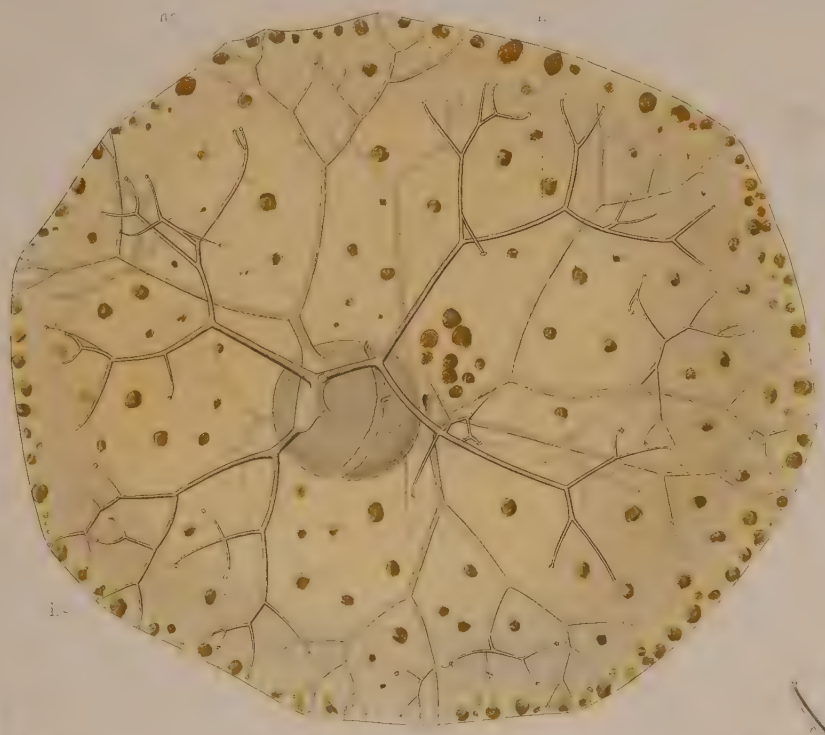
„ 489. „ *flabellatum* HAECKEL. T.-St. 44. Farbe der Centralkapsel und des Phäodiums nach einer an Bord der „Valdivia“ angefertigten Skizze. Vergr. 57.

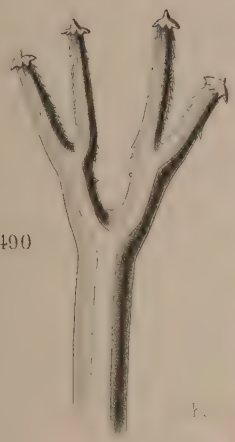
„ 490. „ *lappaceum* HAECKEL. T.-St. 73. Vergr. 460.

„ 491. *Coelodiceras spinosum* n. gen. n. sp. Vergr. 460.

Zeichenerklärung. *n* Nasaldendrit, *pn* Postnasaldendrit, *ap* Apicaldendrit, *ab* Aboraldendrit, *hs* Hauptseitendendrit.

488

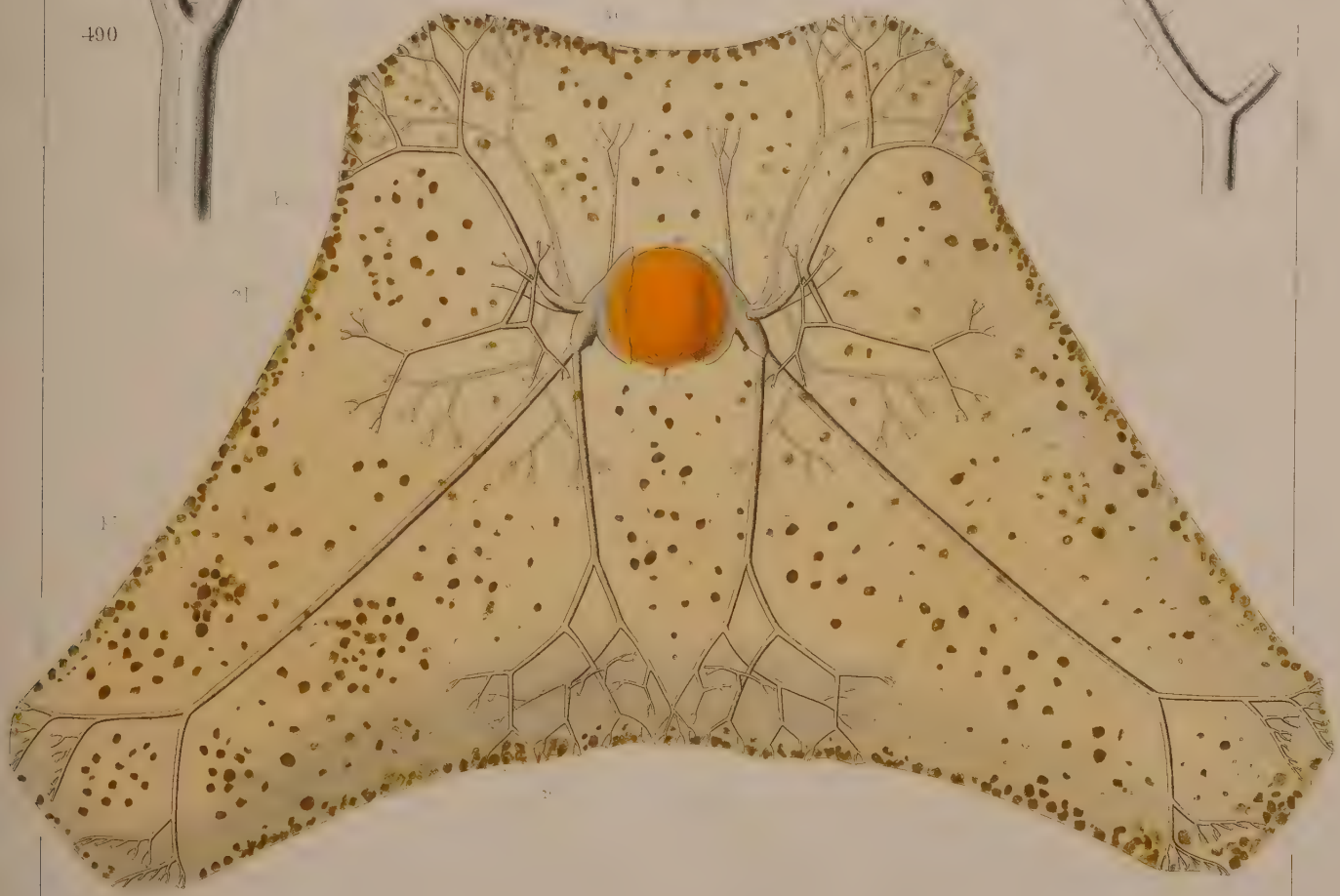




490

491

489



Marian H. Mulberger, del.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXIII. Coelodendridae.

488 Coelodendrum ramosissimum. 489 Coelodendrum flabellatum.
490 Coelodendrum lappaceum. 491 Coelodiceras spinosum. n. gen. n. sp.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXIV.

Tafel LXIV.

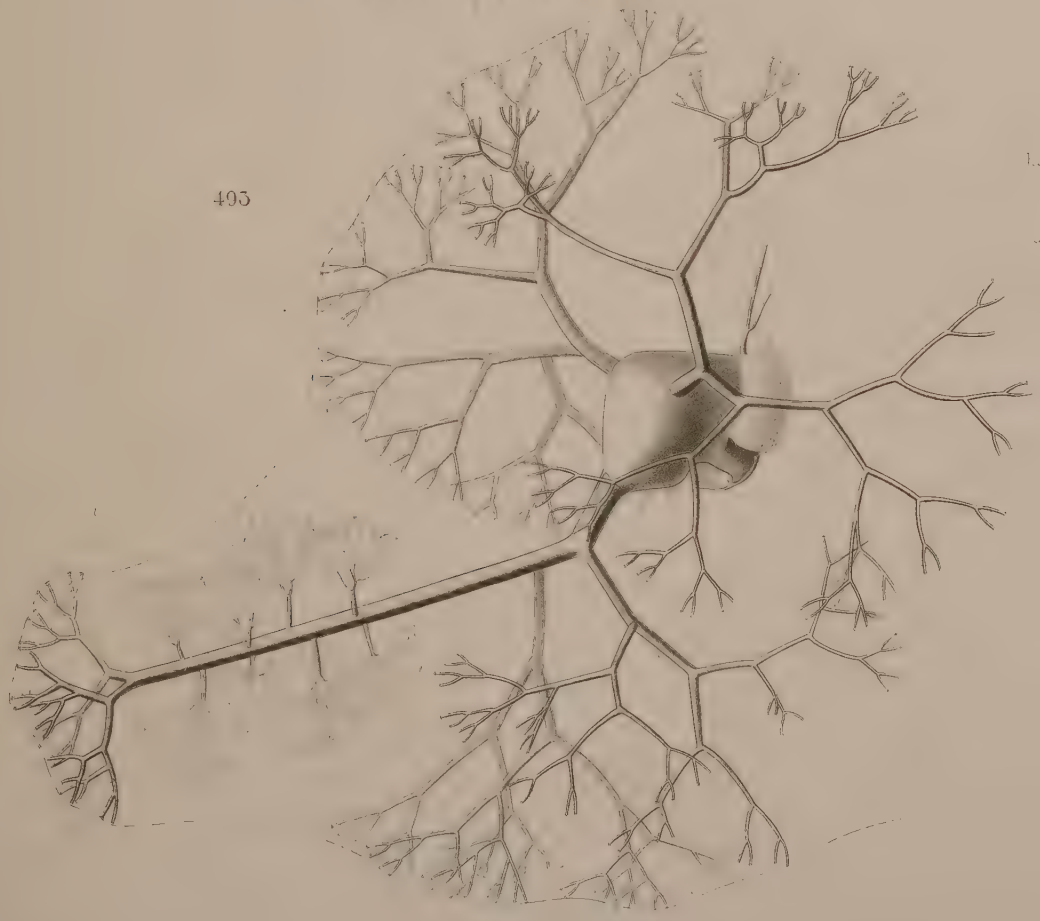
Coelodendridae.

Fig. 492. *Coelechinus wapiticornis* n. gen. n. sp. Antarktis. Vergr. 110.
„ 493. *Coelodiceras spinosum* n. gen. n. sp. T.-St. 174. Vergr. 110.

Zeichenerklärung. *n* Nasaldendrit, *ab* Aboraldendrit, *hs* Hauptseitendendrit.

492

493



Marian H. Mulberger, del.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena

Taf. LXIV. Coelodendridae.

492 Coelechinus wapiticornis n. gen. n. sp.

493 Coelodiceras spinosum n. gen. n. sp.

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Tafel LXV.

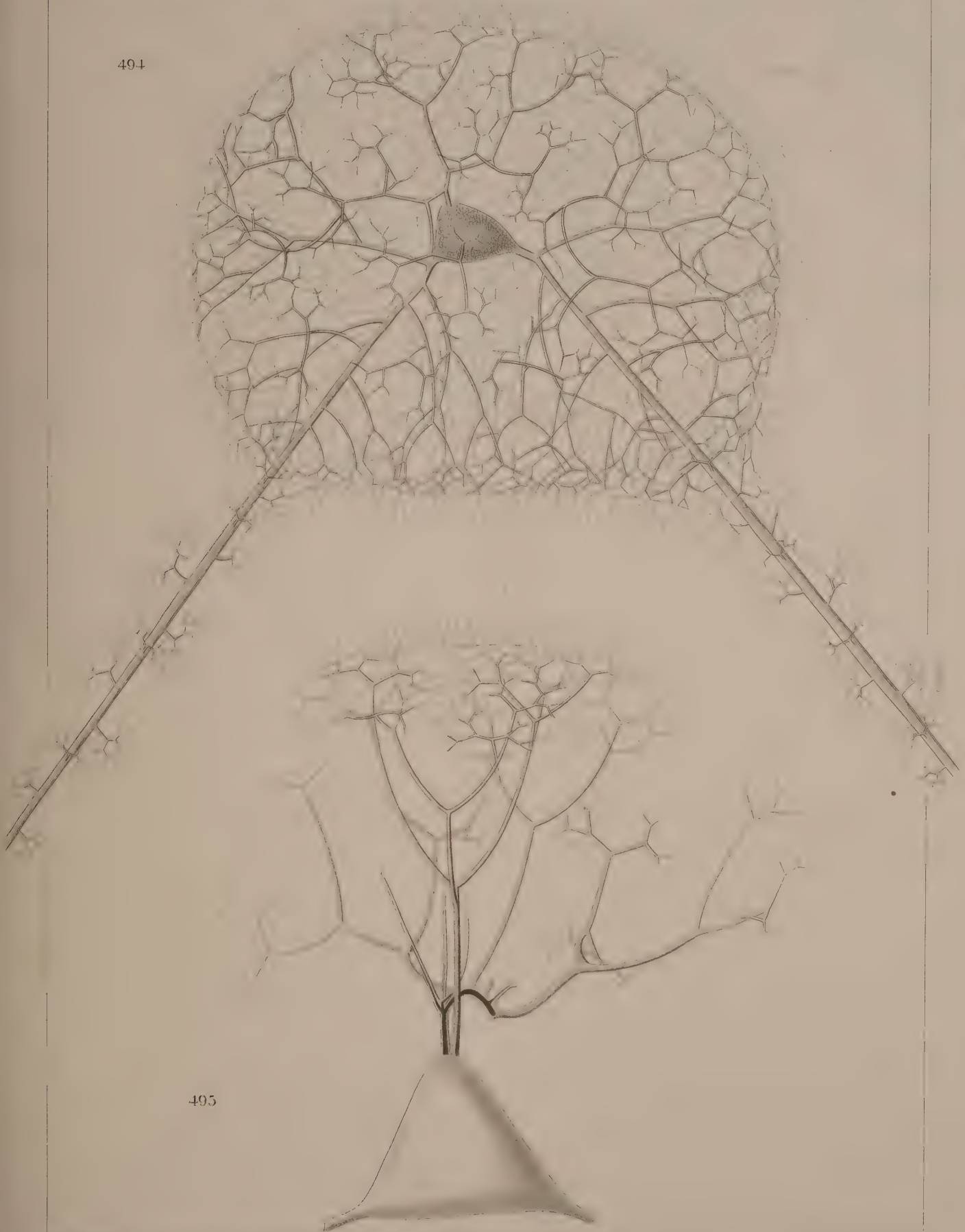
Tafel LXV.

Coelodendridae.

Fig. 494. *Coelothyrsus cypripedium* n. gen. n. sp. Eine Schalenhälfte in Apicalansicht. T.-St. 215. Vergr. 45.

„ 495. „ „ „ „ „ „ Galea und Aboralstacheln. T.-St. 91. Vergr. 102.

494



495

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXV. Coelodendridae.

494, 495 Coelothyrsus cypripedium n. gen. n. sp.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXVI.

Tafel LXVI.

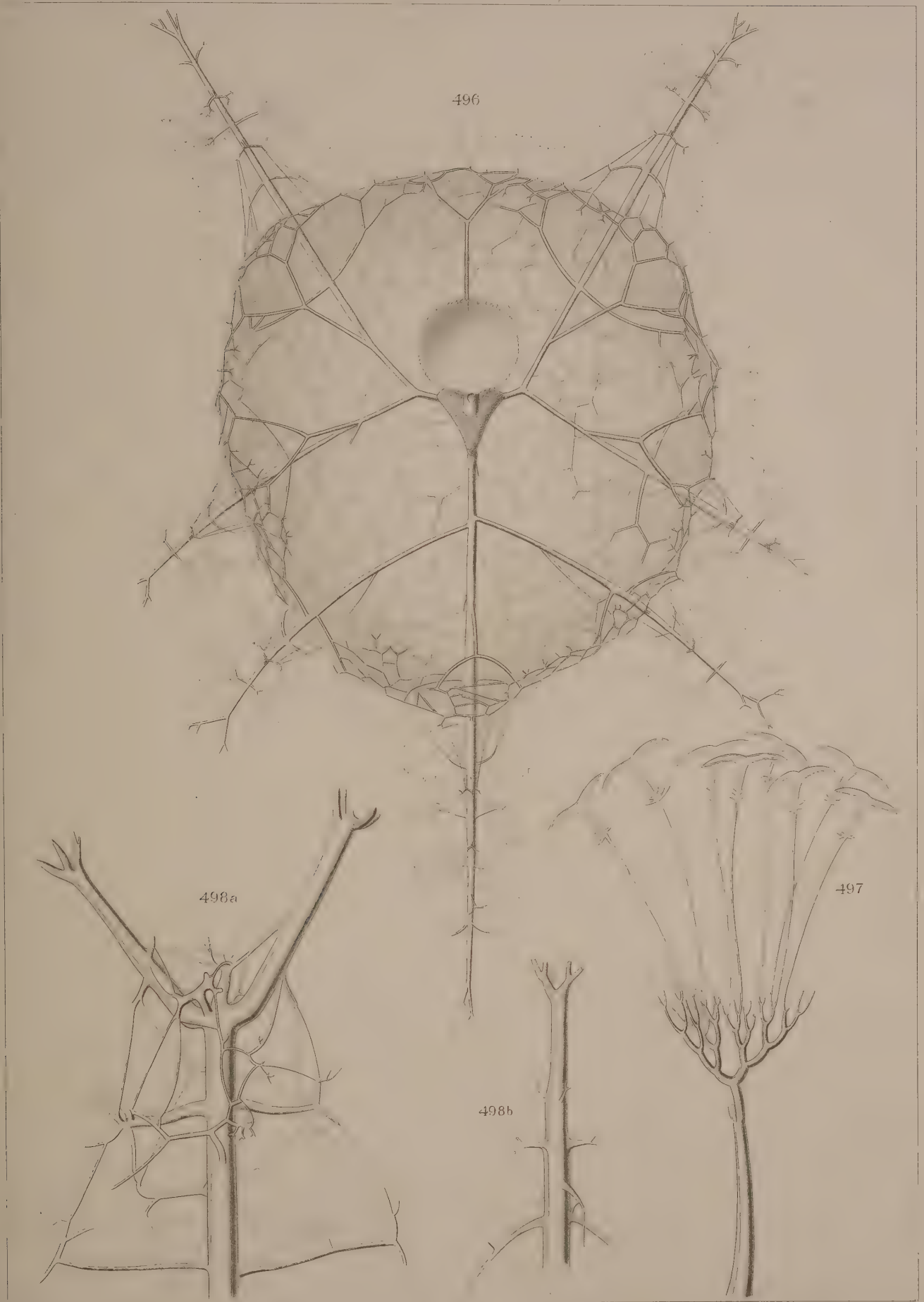
Coelodendridae.

Fig. 496. *Coeloplegma murrayanum* Haeckel. T.-St. 10. Vergr. 81.

„ 497. *Coelodiceras spinosum* n. gen. n. sp. T.-St. 174. Vergr. 320.

„ 498. *Coelographis regina* Haeckel. a) Abnormer Hauptseitenstachel mit doppelter Terminalbildung. b) Normaler Hauptseitenstachel von demselben Individuum. T.-St. 49. Vergr. 140.

Zeichenerklärung. *n* Nasalgriffel, *n'* sekundärer Nasalgriffel, *hs'* sekundärer Hauptseitengriffel, *hs* Hauptseitengriffel.



Hasler lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXVI Coelodendridae.

496 Coeloplegma murrayanum. 497 Coelodiceras spinosum n. gen. n. sp.
498 Coelographis regina.

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Tafel LXVII.

Tafel LXVII.

Coelodendridae.

Fig. 499. *Coelotetraceras xanthacanthum* n. gen. n. sp. T.-St. 54. Vergr. 50. Galea von der Nasalseite mit den 2 Hauptseitengriffeln. Hinter der Galea ragen die beiden Hauptäste des Aboraldendriten hervor.

„ 500. *Coelographis antarctica* n. sp. T.-St. 149. Vergr. 310.

„ 501. *Coelodecas pygmaea* n. sp. T.-St. 115 (links) und 218 (rechts). Vergr. 310.

„ 502. „ *furcata* n. sp. T.-St. 86. Vergr. 310.

„ 503. „ *ambulacrum* n. sp. T.-St. 149. Vergr. 210.

„ 504. *Coelographis coronata* n. sp. T.-St. 44. Vergr. 310.

„ 505. *Coelodecas decastyla* HAECKEL. T.-St. 32. Vergr. 310.

„ 506. *Coelographis palmata* n. sp. T.-St. 86. Vergr. 310.

Zeichenerklärung. *hs* Hauptseitengriffel, *ab* Sekundärast des Aboraldendriten.

Taf. LXVII . Coelodendridae .

499 Coelotetraceras xanthacanthum n.gen.n.sp. 500 Coelographis antarctica n.sp.
501 Coelodecas pygmaea n.sp. 502 C. furcata n.sp. 503 C. ambulacrum n.sp.
504 Coelographis coronata n.sp. 505 Coelodecas decastyla. 506 Coelographis palmata n.sp.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Verl. v. Gustav Fischer in Jena

Tafel LXVIII.

Tafel LXVIII.

Coelodendridae.

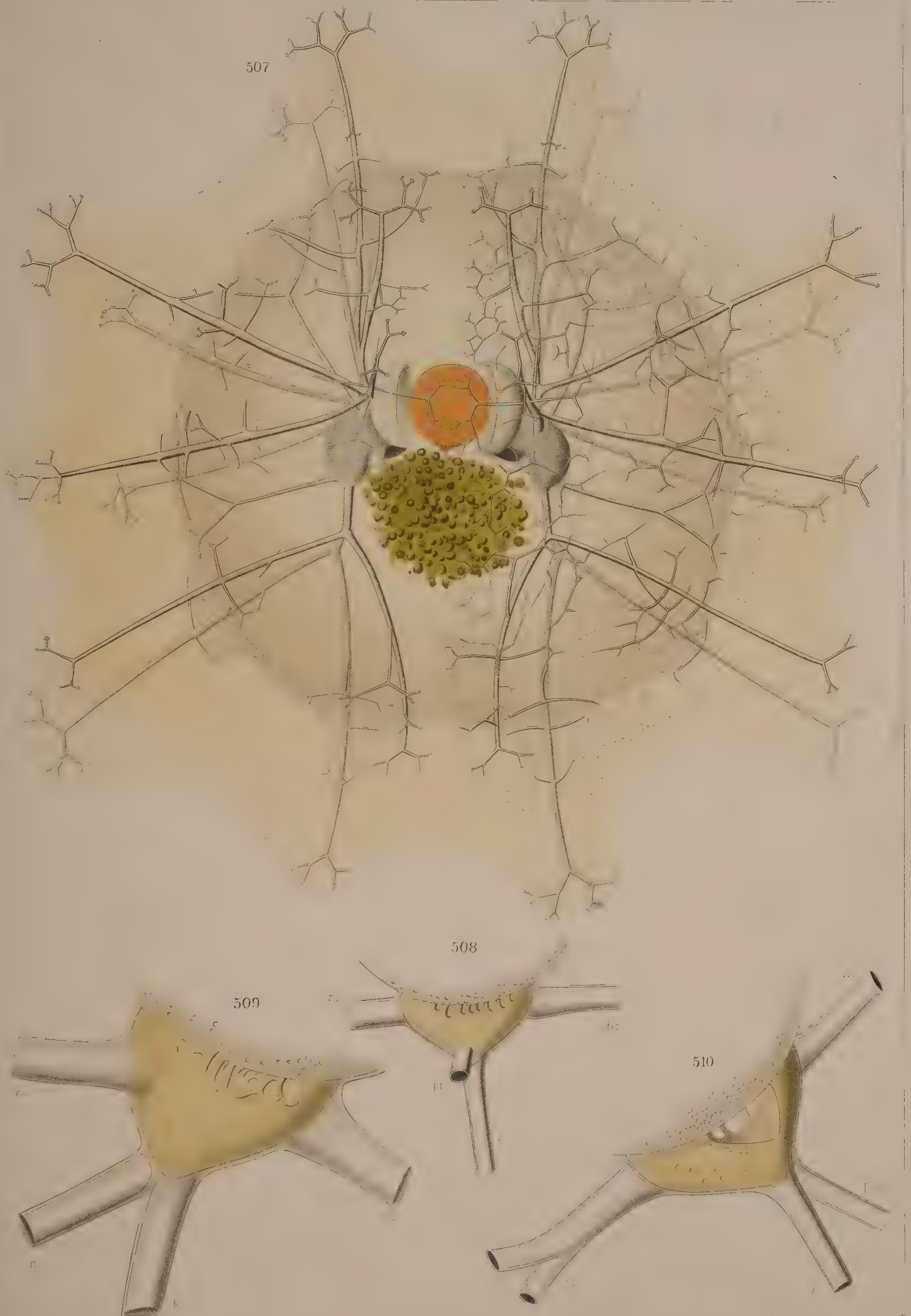
Fig. 507. *Coelanthemum auloceroides* n. gen. n. sp. T.-St. 268. Vergr. 110.

„ 508. *Coelodendrum ramosissimum* Haeckel. Galea eines kleinen Exemplares von der Aboralseite, mit den arkadenähnlich angeordneten Basalporen. Vergr. 460.

„ 509. „ „ „ Galea eines größeren Exemplares von der Aboralseite, mit arkadenähnlich angeordneten Basalporen. Vergr. 460.

„ 510. „ „ „ Galea von der Oralseite: durch die weite Nasenöffnung hindurch sind die Basalporen der Aboralseite zu sehen. Vergr. 460.

Zeichenerklärung. *n* Nasaldendrit, *pn* Postnasaldendrit, *hs* Hauptseitendendrit.



Marian A Müllberger, del. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXVIII. Coelodendridae.

507 Coelanthemum auloceroides n. gen. n. sp. 508-510 Coelodendrum ramosissimum.

Tafel LXIX.

Tafel LXIX.

Coelodendridae.

Fig. 511. *Coelodendrum furcatissimum* HAECKEL. Galea von der Aboralseite. Vergr. 150.

„ 512. „ „ „ Galea von der Apikalseite. Vergr. 150.

„ 513. *Coelodecas pentagona* HAECKEL. T.-St. 235. Vergr. 310.

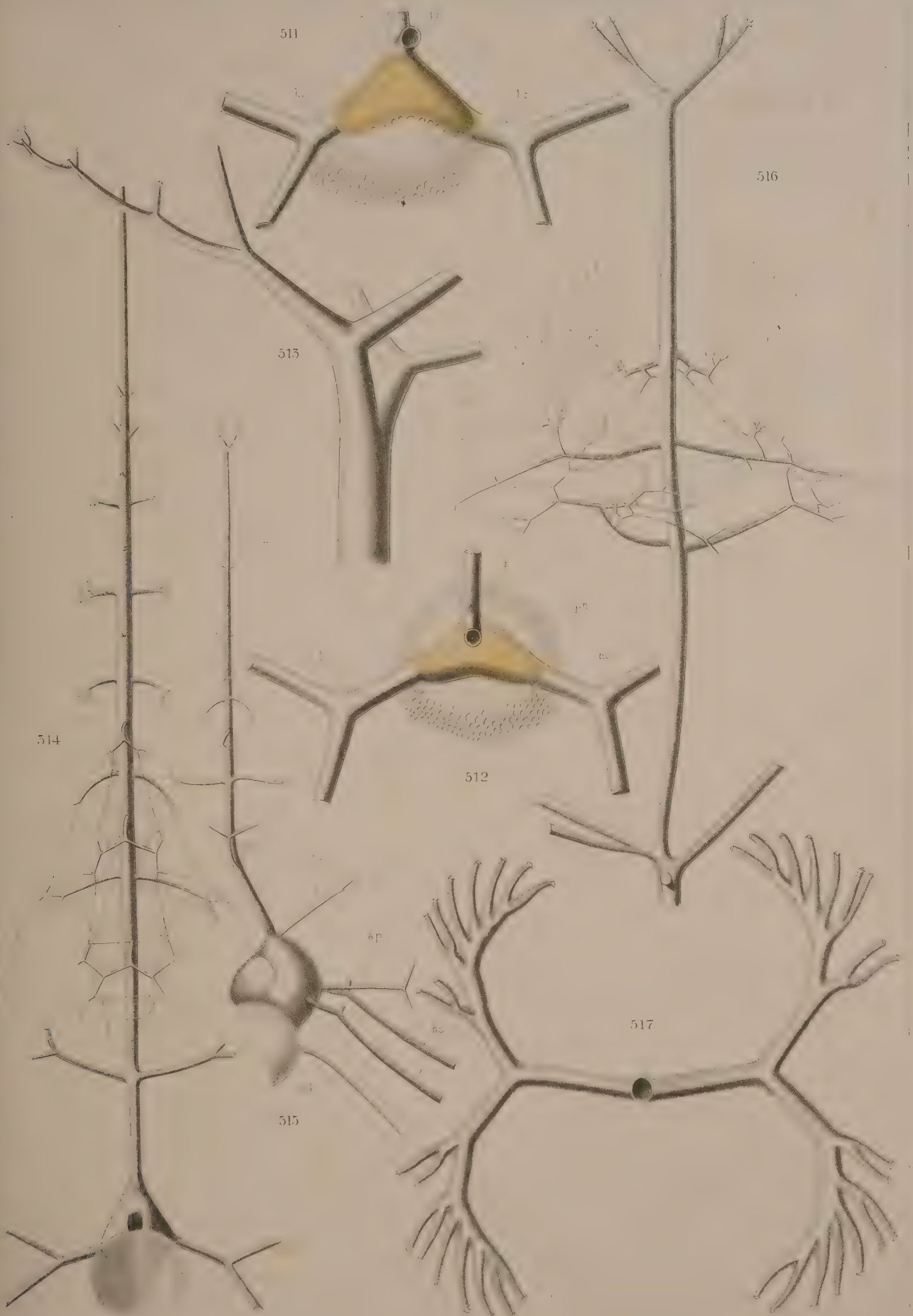
„ 514. *Coelographis acuta* n. sp. T.-St. 85. Vergr. 102.

„ 515. „ *pusilla* n. sp. T.-St. 236. Vergr. 102.

„ 516. *Coelanthemum auloceroides* n. gen. n. sp. T.-St. 268. Vergr. 258.

„ 517. *Coelodendrum flabellatum* HAECKEL. T.-St. 236. Vergr. 150. Geweihartige Endbildungen eines Postnasaldendriten. Die 4 Geweihe liegen bei diesem Exemplar, abgesehen von den letzten Endsprossen, in einer und derselben Ebene.

Zeichenerklärung. *n* Nasalröhre, *pn* Postnasalröhre, *ap* Apicalröhre, *hs* Hauptseitenröhre, *ab* Aboralröhre.



Marian H Mulberger, del.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXIX. Coelodendridae.

511, 512 Coelodendrum furcatissimum. 513 Coelodecas pentagona. 514 Coelographis acuta n. sp. 515 C. pusilla n. sp. 516 Coelanthemum auloceroides n. gen. n. sp. 517 Coelodendrum flabellatum.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXX.

Tafel LXX.

Coelodendridae.

Fig. 518. *Coelechinus wapiticornis* n. g. n. sp. Galea von der Oralseite (Nasalseite). Die Nasenöffnung ist von einer breiten Krempe umgeben, welche sich in die beiden Frenula fortsetzt. Die Hauptseitendendriten spalten sich in drei Aeste. Vergr. 150.

„ 519. Galea derselben Art von der Stirnkante gesehen. Vergr. 150.

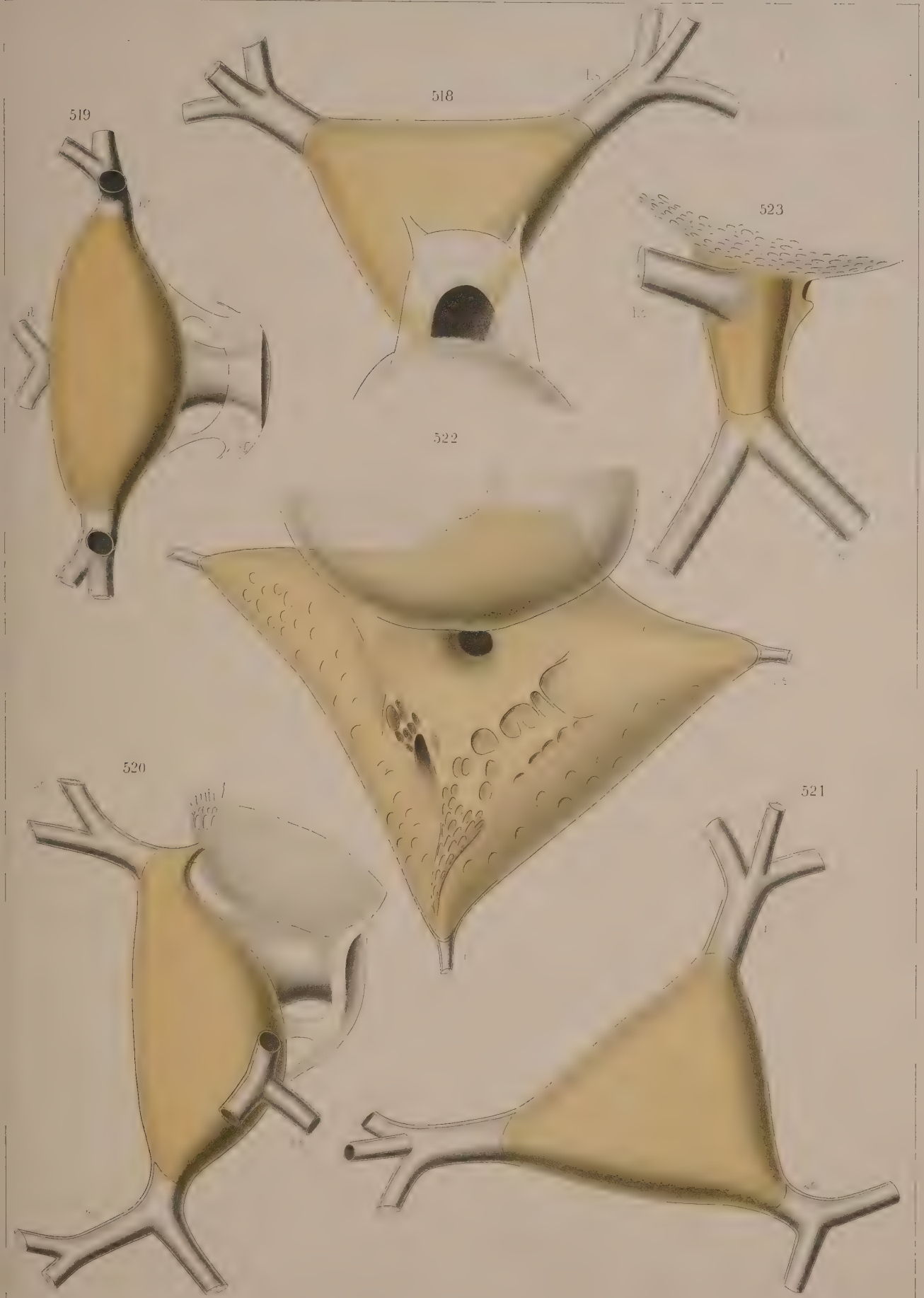
„ 520. Galea derselben Art, schräg von der Seite gesehen. Vergr. 150.

„ 521. Galea derselben Art von der Aboralseite. Vergr. 150.

„ 522. Galea von *Coelodrymus lanceolatus* n. sp. von der Oralseite. T.-St. 54. Vergr. 150.

„ 523. Galea von *Coelodendrum spinosissimum* HAECKEL in Seitenansicht. T.-St. 217. Vergr. 460.

Zeichenerklärung. *n* Nasaldendrit, *pn* Postnasaldendrit, *hs* Hauptseitendendrit, *ab* Aboraldendrit.



Marian. H. Mülberger, del. Lith. Anstv. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXX. Coelodendridae.

518-521 Coelechinus wapiticornis n. gen. n. sp. 522 Coelodrymus lanceolatus n. sp. 523 Coelodendrum spinosissimum.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXI.

Tafel LXXI.

Coelodendridae.

Fig. 524. *Coelothyrsus cypripedium* n. gen. n. sp. T.-St. 88. Vergr. 150. Galea von der Seite.

„ 525. *Coelographis antarctica* n. sp. T.-St. 149. Vergr. 102. Galea von der Seite.

„ 526. *Coelodiceras macropylum* n. gen. n. sp. T.-St. 218. Vergr. 150. Galea schräg von der Aboralseite.

„ 527. *Coelodendrum flabellatum* HAECKEL. T.-St. 44. Vergr. 150. Galea von der Seite.

„ 528. *Coelodecas pumilio* n. sp. T.-St. 268. Vergr. 150. Galea schräg von der Oralseite.

„ 529. *Coelodendrum flabellatum* HAECKEL. T.-St. 64. Vergr. 150. Galea von der Apicalseite.

Zeichenerklärung. *n* Nasalröhre, *pn* Postnasalröhre, *ap* Apicalröhre, *pab* Praeaboralröhre, *ab* Aboralröhre, *hs* Hauptseitenröhre.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena

Taf. LXXI. Coelodendridae.

524 Coelothyrsus cypripedium n. gen. n. sp. 525 Coelographis antarctica n. sp.
526 Coelodiceras macropylum n. gen. n. sp. 527.529 Coelodendrum flabellatum 528 Coelodecas pumilio n. sp.

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Tafel LXXII.

Tafel LXXII.

Astracanthidae n. fam.

Fig. 530. *Astracantha paradoxa* n. gen. n. sp. T.-St. 268. Vergr. 70. Der untere Stachel ist in der Zeichnung unrichtig eingefügt.

„ 531—532. *Astracantha heteracanthoides* n. gen. n. sp. T.-St. 85. Vergr. 70 u. 210.

„ 533. *Astracantha umbellifera* n. gen. n. sp. T.-St. 218. Vergr. 70.

„ 534—536. *Astracantha paradoxa* n. gen. n. sp. Drei Stacheln eines Exemplares aus T.-St. 236 mit Wachstumsanomalien. Der Stachel Fig. 534 enthält eine Luftblase. Vergr. 460.

Morton H. Mülberger, del. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXXII. Astracanthidae.

530, 534–536 Astracantha paradoxa n. sp.

531, 532 A. heteracanthoides n. sp. 533 A. umbellifera n. sp.

Verlag v. Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXIII.

Tafel LXXIII.

Thalassothamnidae n. fam.

Fig. 537. *Thalassothamnus genista* n. gen. n. sp. T.-St. 190. Vergr. 26.

Taf. LXXIII. Thalassothamnidae.
537 Thalassothamnus genista n.sp.

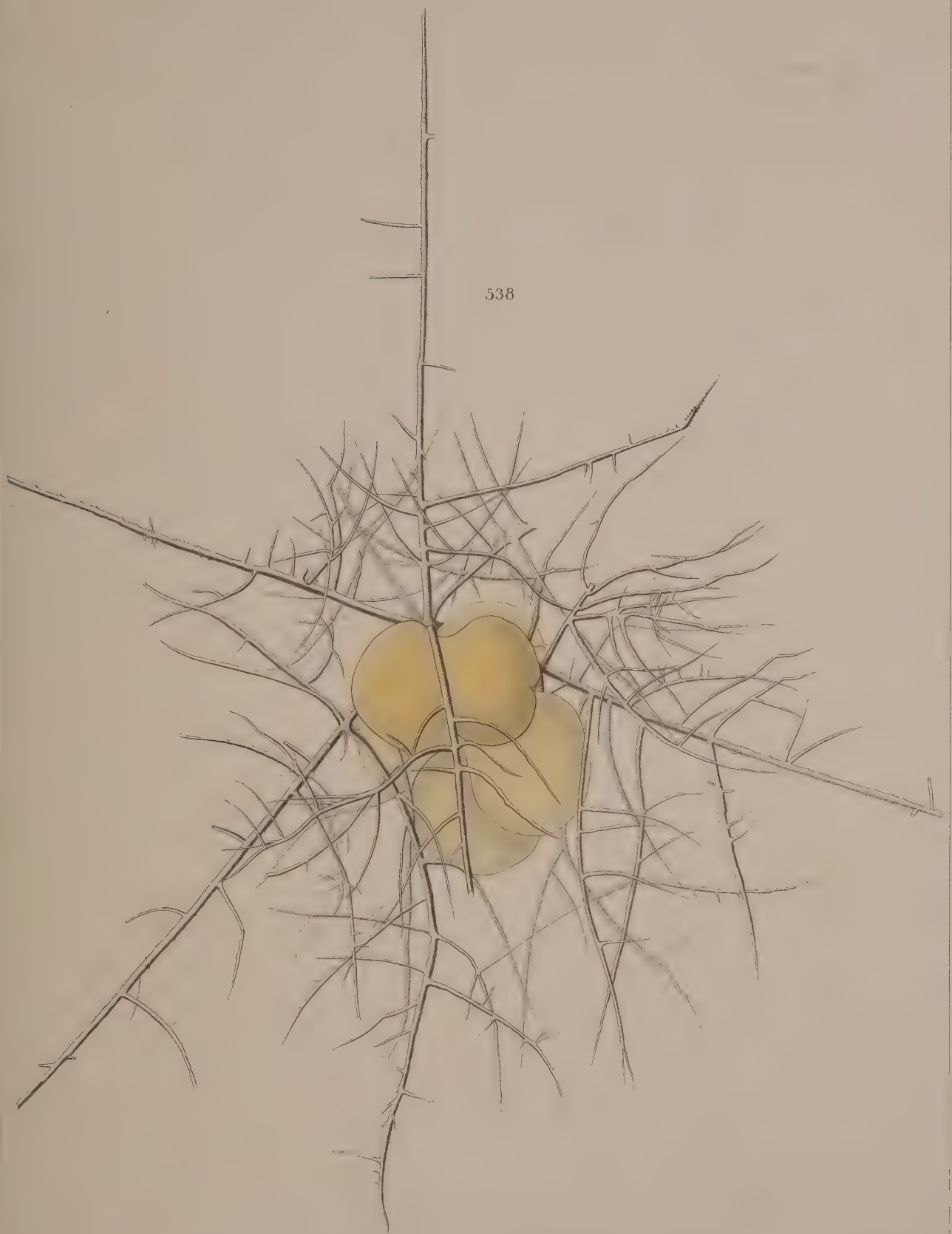
Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXIV.

Tafel LXXIV.

Thalassothamnidae n. fam.

Fig. 538. *Thalassothamnus ramosus* n. gen. n. sp. T.-St. 139. Vergr. 45.



Marion H. Mülberger, del. Lith. Anst. A. Gütsch, Jena.

Taf. LXXIV. Thalassothamnidae.
538 Thalassothamnus ramosus n. sp.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

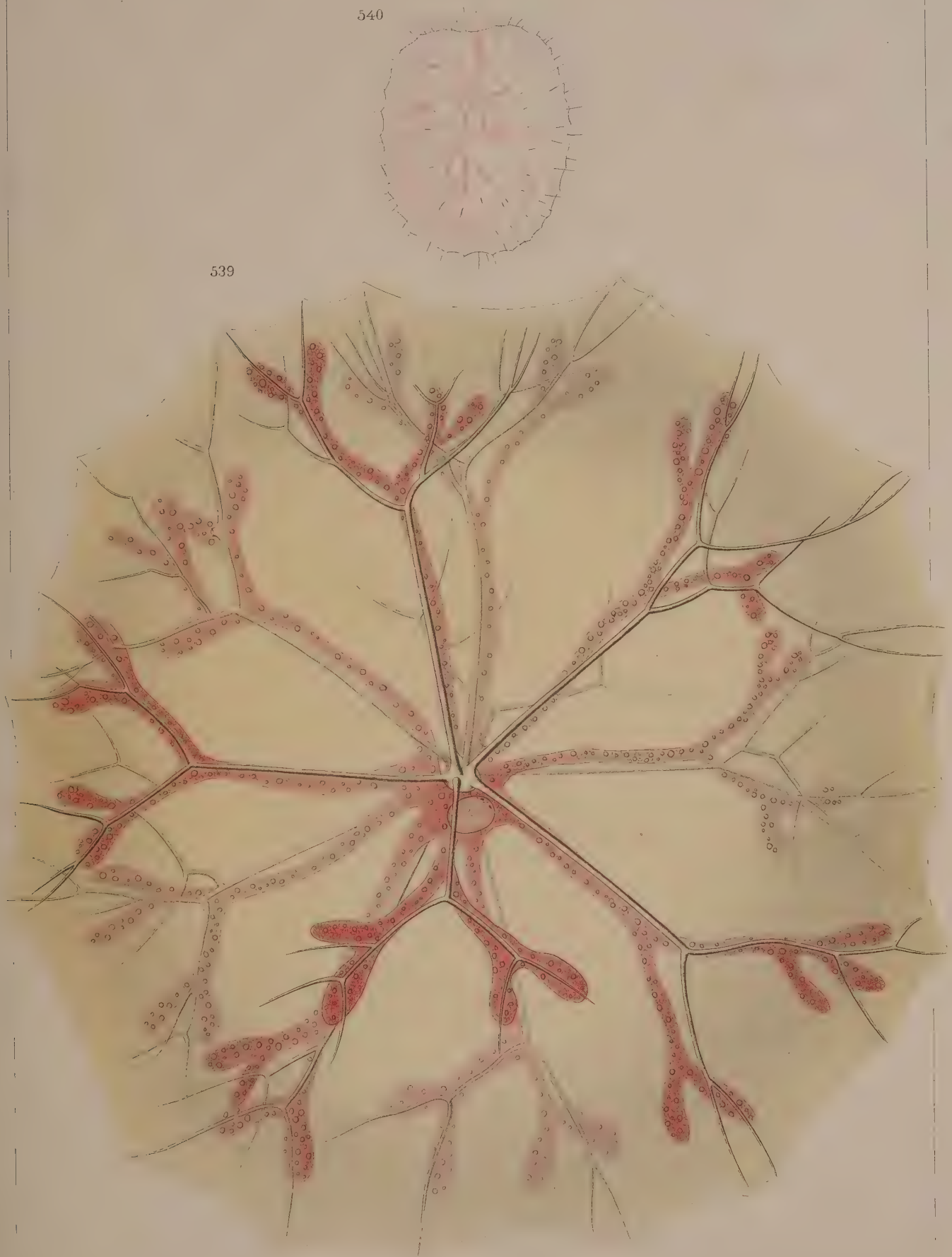
Tafel LXXV.

Tafel LXXV.

Thalassothamnidae n. fam.

Fig. 539. *Cytocladus tricladus* n. sp. T.-St. 215. Vergr. 37. Die Farbe der Centralkapsel ist nach Fig. 540 ergänzt.

„ 540. *Cytocladus* sp. Kopie einer an Bord der „Valdivia“ von Prof. Chun angefertigten Skizze mit der Bemerkung: „5. Dez. 98. P. 139. Etwa 1 cm lang, kons. Sublimat, natürliche Färbung. Offenbar große Radiolarie mit verästelter Centralkapsel.“



C. Chun, Marian H. Mulberger del. Lith. Anst. v. Mollisch, Jena.

Taf. LXXV. Thalassothamnidae.
539 Cytocladus tricladus n. sp. 540 Cytocladus sp.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXVI.

Tafel LXXVI.

Orosphaeridae.

Fig. 541. *Oroscena regalis* BORGERT. Derbstacheliger Typus. T.-St. 32. Vergr. 36.
„ 542. „ „ „ Derbstacheliger Typus. Apicalstacheln. T.-St. 90. Vergr. 70.

541

542

Marian H. Mulberger, del. Lith. Anst. v. A. Gilesch, Jena.

Taf. LXXVI. Orosphaeridae.
541, 542 Oroscena regalis.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXVII.

Tafel LXXVII.

Thalassothamnidae. Orosphaeridae.

Fig. 543. Schnitt durch die Centralkapsel von *Thalassothamnus genista* n. sp. *a*, *b* „schaumige Ballen“, *c* Konkretion. Vergr. 410.

„ 544. Konkretionen desselben Exemplares, vergrößert. Vergr. 1630.

„ 545. *Cytocladus spinosus* O. Schröder. Centraler Teil einer älteren Centralkapsel mit Kern. Vergr. 210.

„ 546. Teil einer jüngeren Centralkapsel von *Cytocladus spinosus* O. Schr. *b* „schaumige Ballen“, *km* Kernmembran, *kp* Kernplasma. Vergr. 930.

„ 547. Teil einer älteren Centralkapsel von *Cytocladus spinosus* O. Schr. *c* Konkretionen, *km* Kernmembran, *n* Nukleolen, *chr* Chromosomenbläschen. Vergr. 930.

„ 548. Konkretion von *Oroscena regalis* Borgert. T.-St. 89. Vergr. 1630.

Lith. Anst. v. Kühlisch, Jena.

Taf. LXXVII. Thalassothamnidae, Orosphaeridae.
543, 544 Thalassothamnus genista n. sp.
545–547 Cytocladus spinosus, 548 Oroscena regalis.

Tafel LXXVIII.

Tafel LXXVIII.

Orosphaeridae. *Oroscena regalis* BORGERT.

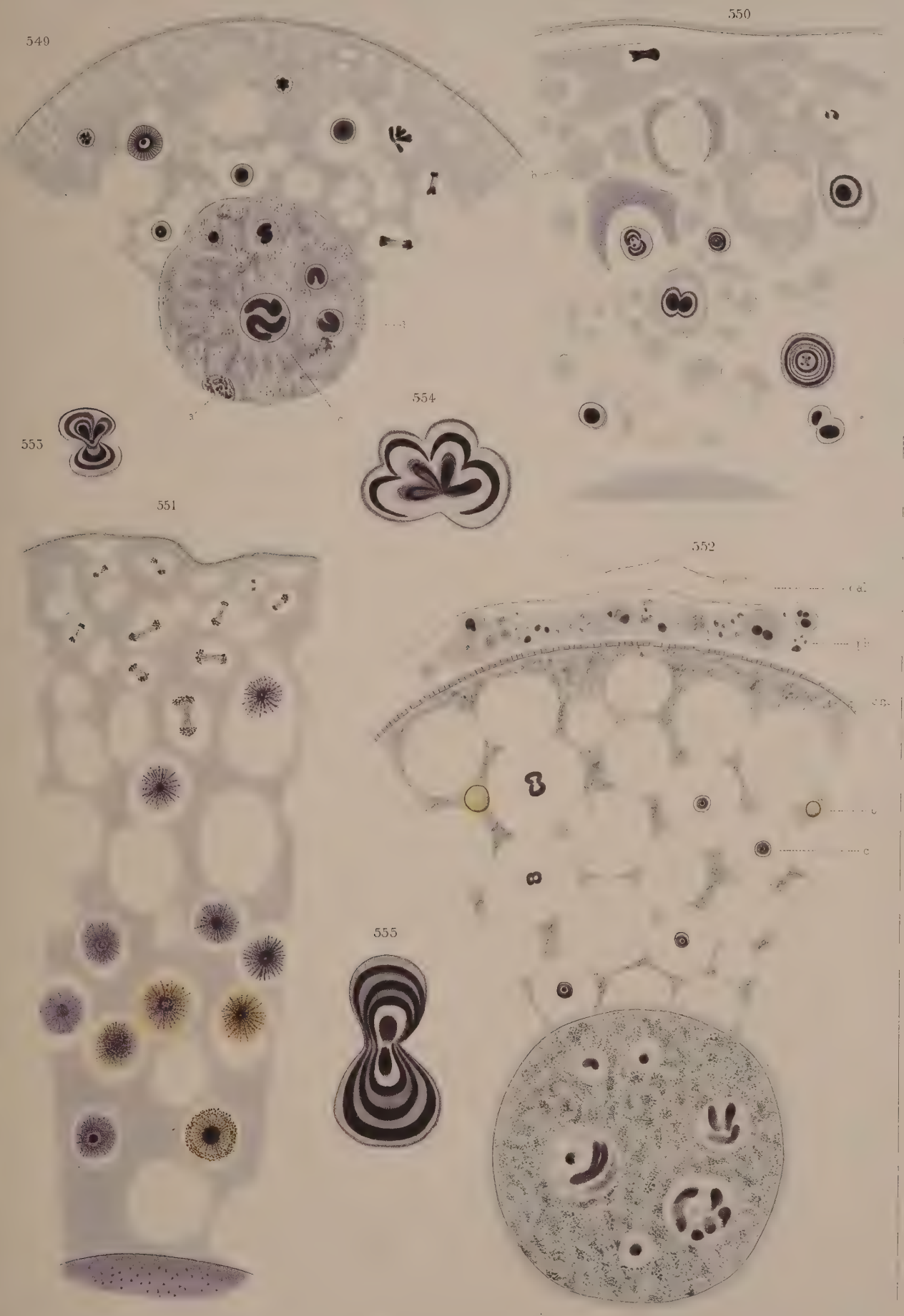
Fig. 549. Junge, 0,3 mm große Centralkapsel mit Primärkern. T.-St. 85. Vergr. 370. In der intrakapsulären Sarkode konzentrisch geschichtete, biskuit- und fächerförmige Konkretionen. Im Primärkern neu gebildete *(a)*, einschleifige *(b)* und mehrschleifige *(c)* Chromosomenbläschen.

„ 550. Jüngere Centralkapsel mit „schaumigen Ballen“ *(b)* und mit meist konzentrisch geschichteten Konkretionen. T.-St. 54. Kons.: Subl. Vergr. 930.

„ 551. Jüngere Centralkapsel, in der Peripherie mit kleinen hantelförmigen, in den centralen Teilen mit großen sonnenförmigen Konkretionen. T.-St. 170. Vergr. 930. Kons.? Durchmesser der Centralkapsel 0,5 mm.

„ 552. Aeltere Centralkapsel (Durchmesser 0,75, Durchmesser des Kernes 0,2 mm) mit Konkretionen *(c)* und mit (gelb gehaltenen) Oelkugeln *(ö)*. Primärkern mit dicker Membran und mit mehreren mehrschleifigen Chromosomenbläschen. Außerhalb der Centralkapselmembran *(cm)* der „Pseudopodienmutterboden“ mit den Phäodellen *(ph)* und das Wabenwerk des Calymmas *(cal)*. T.-St. 268. Kons.: CrOsEss. Vergr. 370.

„ 553—555. Hantelförmige und mehrlappige (stiefmütterchenähnliche) Konkretionen. Vergr. 1630.



Marian H. Mülberger, del.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXXVIII . Orosphaeridae .
549 – 555 Oroscena regalis .

Verlag von Gustav Fischer in ..

Tafel LXXIX.

Tafel LXXIX.

Orosphaeridae. *Oroscena regalis* Borgert.

Fig. 556. Stück aus einem Kern mit zwei mehrschleifigen Chromosomenbläschen und mit Einzelknäueln. T.-St. 90. Kons.: Subl. Vergr. 930.

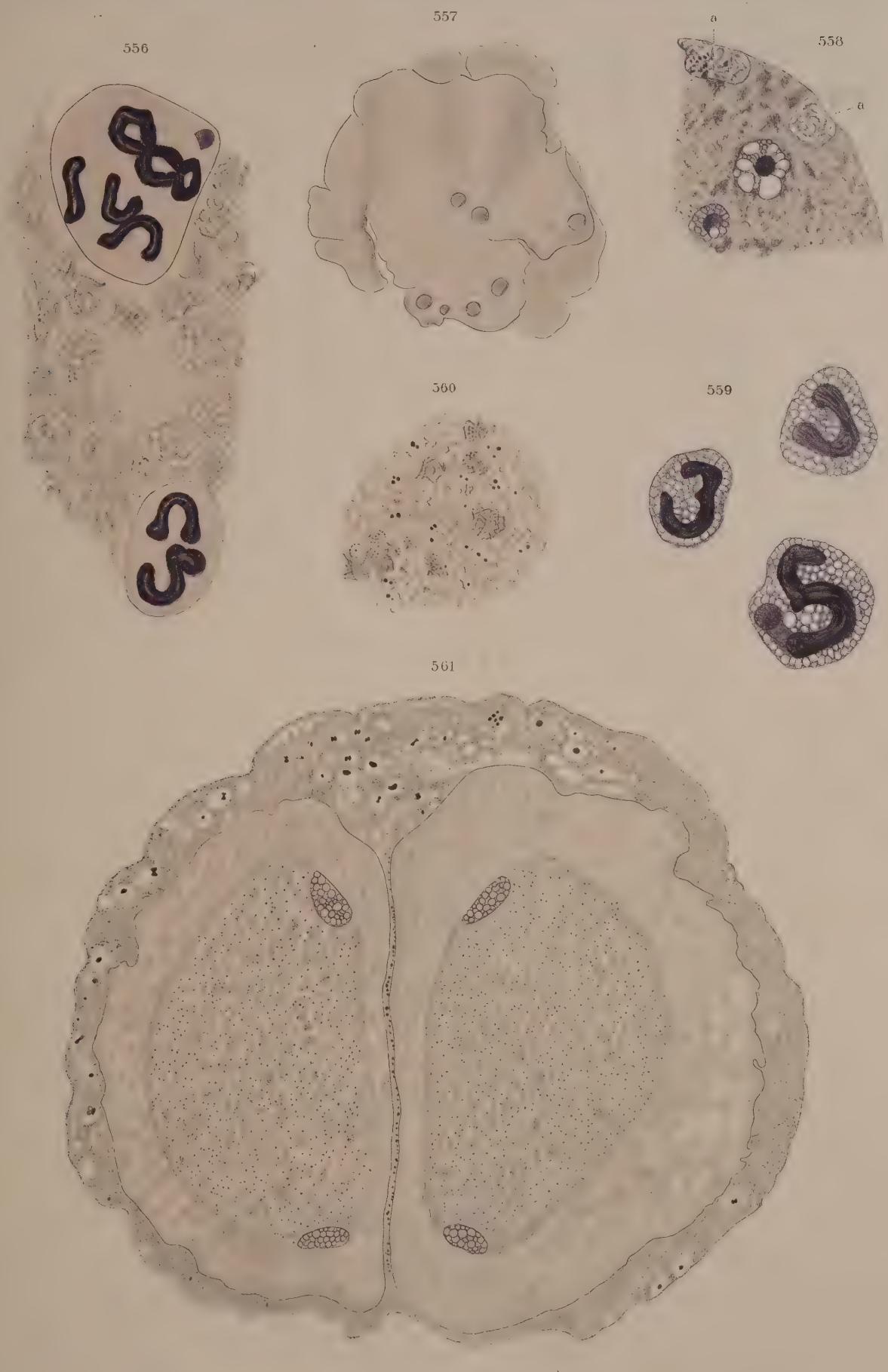
„ 557. Oberflächenansicht eines älteren gelappten Kernes mit „Randscheiben". Durchmesser der Centralkapsel 1,1 mm, des Kernes 0,4 mm. T.-St. 268. Kons.: CrOsEss. Vergr. 166.

„ 558. Stück eines Kernes mit neu gebildeten Chromosomenbläschen *(a)*. Vergr. 930.

„ 559. Einzelne einschleifige Chromosomenbläschen. Vergr. 930.

„ 560. „Einzelknäuel" aus dem Stadium der Fig. 561. Vergr. 930.

„ 561. Zweikerniges Stadium. Jeder Kern ist von einer Zone von Neuplasma umgeben und enthält außer dem an vielen Stellen zu Einzelknäueln verdichteten Fadenwerk (vergl. Fig. 560) zwei schaumige nukleolenartige Binnenkörper. T.-St. 50. Kons.: Flemming. Vergr. 180.



Marian H. Hulberger, del.

Taf. LXXIX. Orosphaeridae.
556 – 561 Oroscena regalis.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXX.

Tafel LXXX.

Orosphaeridae. *Oroscena regalis.*

Fig. 562. Differenzierungsstadium. *d* Dauerkern, *g* der von einer Neoplasma-Schicht umgebene Geschlechtskern. T.-St. 54. Kons.: Subl. Vergr. 180.

„ 563. Aelterer Kern (Dauerkern eines Differenzierungsstadiums), die Verschmelzung der einschleifigen Chromosomenbläschen mit den vielschleifigen zeigend. T.-St. 215. Kons.: Subl. Vergr. 370.

„ 564a und b. Mehrschleifiges Chromosomenbläschen, auf zwei Schnitte verteilt, aus einer sehr alten Centralkapsel (Durchmesser 1,1 mm, Kerndurchmesser 0,4 mm). In 564a sind die Schleifen quer getroffen. T.-St. 268. Kons.: CrOsEss. Vergr. 930.

„ 565a und b. Fünfkerniges Stadium nach zwei Schnitten. *d* Dauerkern. g^I—g^V Geschlechtskerne. T.-St. 215. Kons.: Subl.-Alk. Vergr. 370.

562

563

563 a

564 a

563 c

564 b

Taf. LXXX. Orosphaeridae.
562 – 565 Oroscena regalis.

Tafel LXXXI.

Tafel LXXXI.

Orosphaeridae. *Oroscena regalis.*

Fig. 566. Desintegrationsstadium. *a—d* Einzelknäuel = Sporenmutterkerne, zum Teil Konkretionen umschließend. T.-St. 215. Cons.: Subl.-Alk. Vergr. 1010.

„ 567. Erste Teilungen der Sporenmutterkerne (*sp.*). *c* Konkretionen. T.-St. 215. Kons.: CrOsEss. Vergr. 210.

„ 568. Dasselbe Stadium bei stärkerer Vergrößerung. Bei *a* Prophasen des zweiten Teilungsschrittes mit körnchenförmigen Chromosomen, bei *b* pseudoamitosenähnliche Telophase, bei *c* dreikerniges Stadium. T.-St. 215. Kons.: CrOsEss. Vergr. 930.

„ 569. Späteres Teilungsstadium. T.-St. 120. Kons.: Subl. Vergr. 370.

Marion H. Mulberger, del.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXXXI. Orosphaeridae.
566 – 569 Oroscena regalis.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXXII.

Tafel LXXXII.

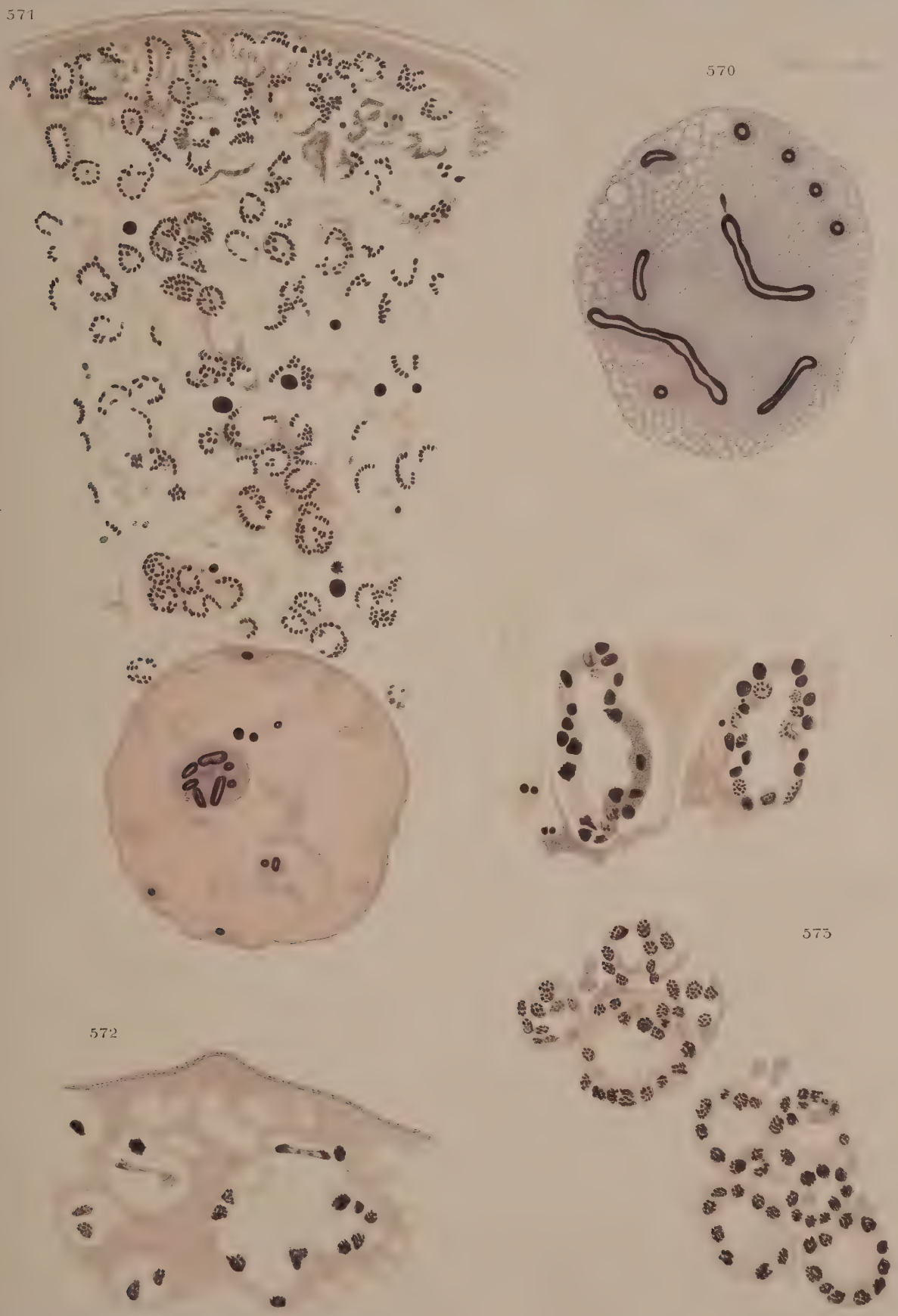
Orosphaeridae. *Oroscena regalis.*

Fig. 570. Mehrschleifiges Chromosombläschen aus einem älteren Primärkern (Durchmesser der Centralkapsel 0,95, des Kernes 0,2 mm). T.-St. 213. Cons.: CrOsEss. Vergr. 930.

„ 571. Sporenbildungsstadium (Durchmesser der Centralkapsel 1,05, des Kernes 0,2 mm). T.-St. 112. Kons.: Subl. Vergr. 280.

„ 572. Gruppe von Sporenkernen, zum Teil in Telophase (Durchmesser der Centralkapsel 1,1, des Kernes 0,27 mm). T.-St. 91. Kons.: CrOsEss. Vergr. 1010.

„ 573. Nester von Sporenkernen aus demselben Präparat wie Fig. 571. Vergr. 1010.



Marian H. Mülberger, del. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXXXII. Orosphaeridae.
571 – 573 Oroscena regalis

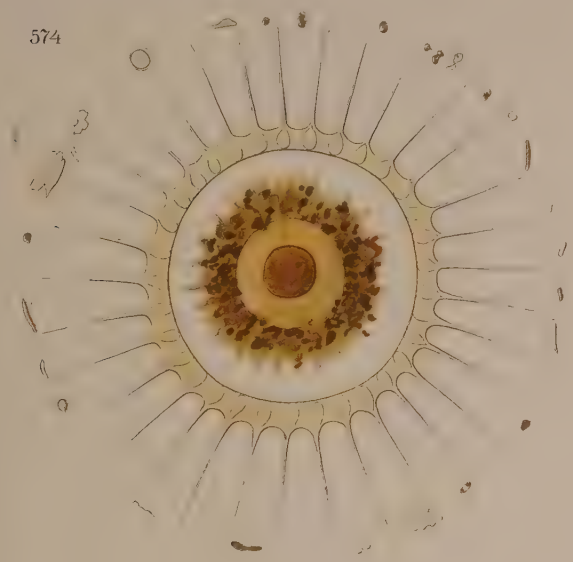
Verlag von Gustav Fischer in Jena

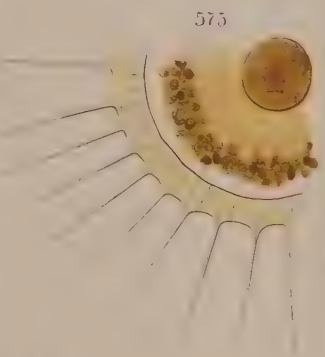
Tafel LXXXIII.

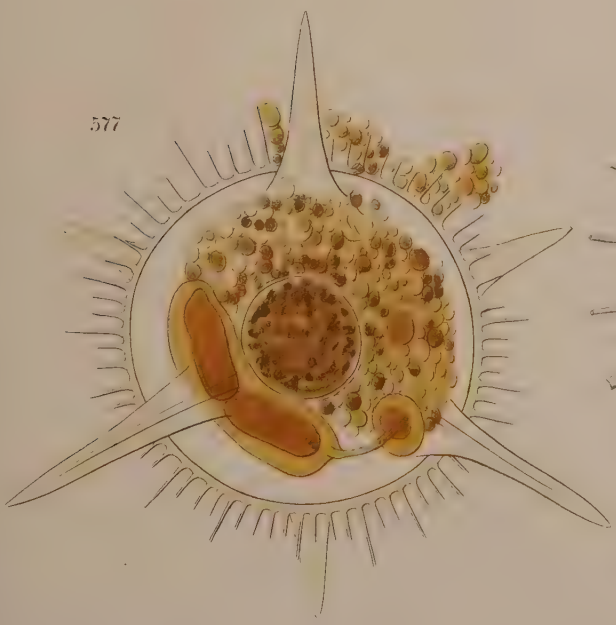
Tafel LXXXIII.

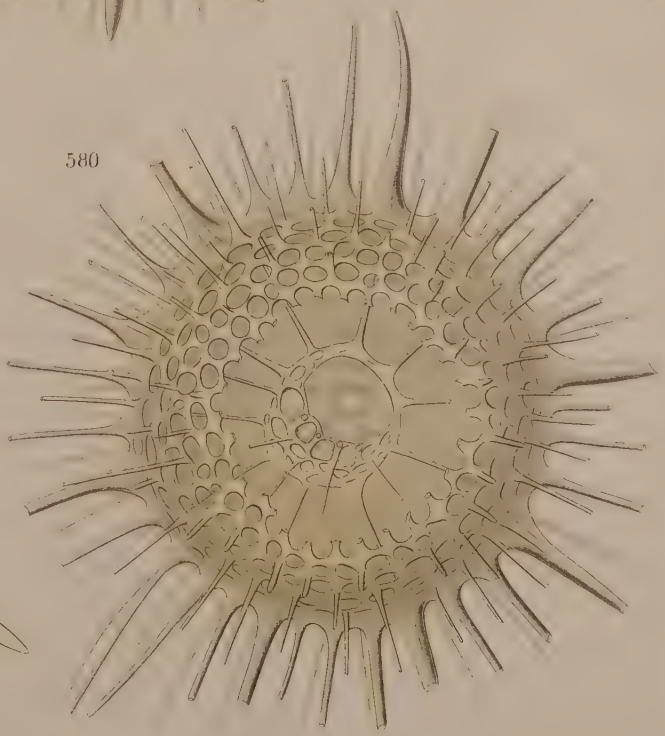
Sphaerellaria.

Fig. 574. *Acanthosphaera hirsutissima* n. sp. T.-St. 16. Vergr. 400.
„ 575. „ „ „ „ T.-St. 66. Vergr. 400.
„ 576. *Hexacontium pachydermum* JÖRGENSEN. T.-St. 228. a bei gleicher Vergrößerung (400), wie die übrigen Figuren. b Schalendurchschnitt bei stärkerer Vergrößerung.
„ 577. *Hexacontium* sp. T.-St. 175. Vergr. 400.
„ 578. *Heliodiscus asteriscoides* n. sp. T.-St. 88. Vergr. 400.
„ 579. „ „ „ „ T.-St. 229. Vergr. 400.
„ 580. „ „ „ „ T.-St. 227. Vergr. 400.









Marian H. Mälberger del. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXXXIII. Sphaerellaria.

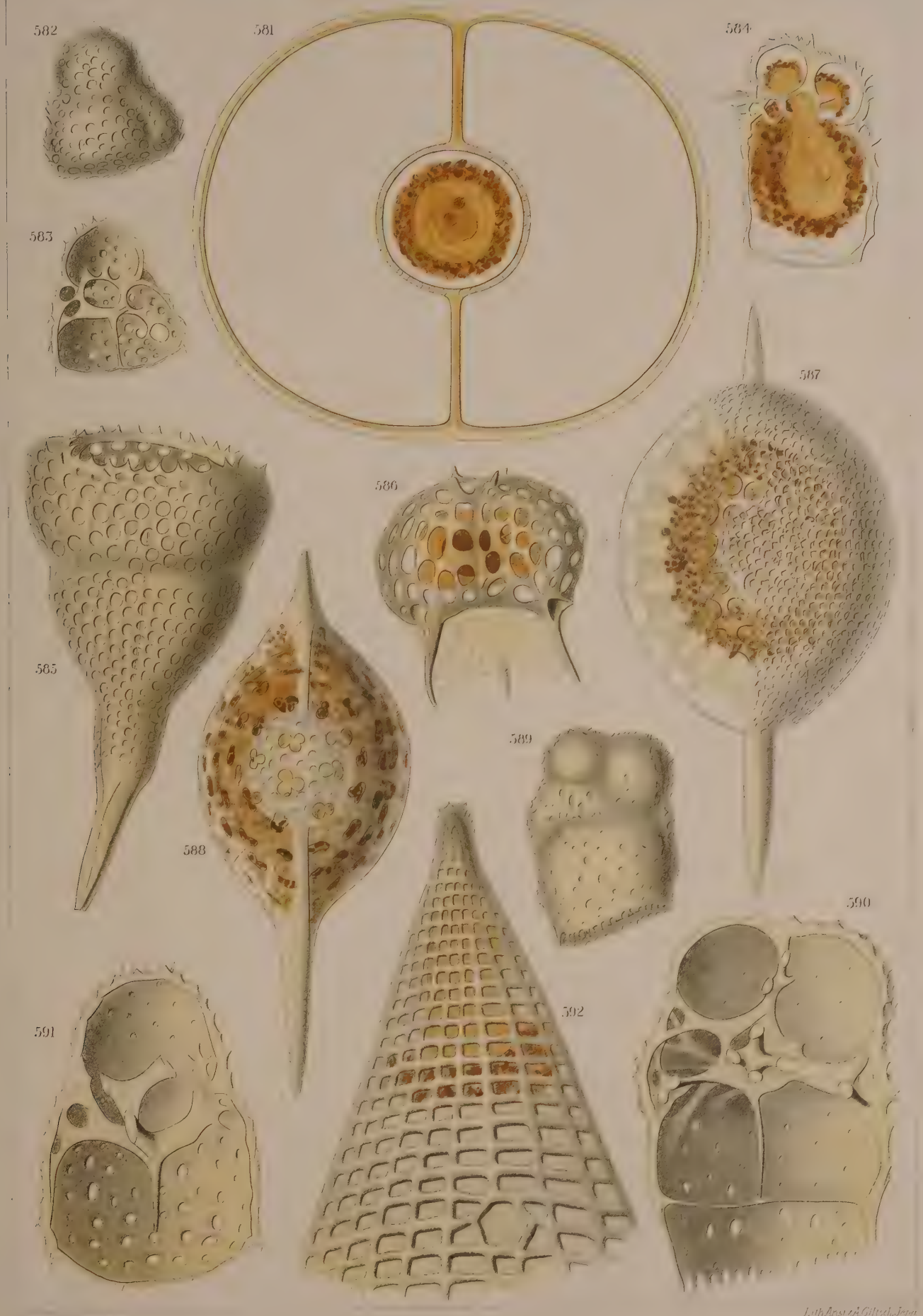
574,575 Acanthosphaera hirsutissima n. sp. 576 Hexacontium pachydermum Jörgensen
577 Hexacontium sp. 578–580 Heliodiscus asteriscoides n. sp.

Tafel LXXXIV.

Tafel LXXXIV.

Sphaerellaria. Cyrtellaria.

Fig. 581. *Saturnalis aureolatus* n. sp. T.-St. 268. Vergr. 400.
„ 582. *Peromelissa denticulata* (Ehrenberg). T.-St. 147. Vergr. 400.
„ 583. „ „ „ Dasselbe Exemplar im optischen Durchschnitt. Vergr. 400.
„ 584. *Saccospyris antarctica* n. gen. n. sp., var. *quadripartita*. T.-St. 147. Vergr. 400.
„ 585. *Lamprocyclas intermedia* n. sp. T.-St. 66. Vergr. 400.
„ 586. *Triceraspyris antarctica* n. sp. T.-St. 147. Vergr. 400.
„ 587. *Ellipsoxiphium palliatum* Haeckel. T.-St. 227. Vergr. 400.
Links im optischen Durchschnitt (a sekundäre, äußere, b primäre Rindenschale), rechts in Oberflächenansicht.
„ 588. *Xiphatractus radiosus* (Ehrenberg). T.-St. 237. Vergr. 400. Schaleninhalt: Schlamm.
„ 589. *Saccospyris antarctica* n. gen. n. sp., var. *quinquepartita*. T.-St. 147. Vergr. 400.
„ 590. „ „ „ „ „ „ „ „ T.-St. 147. Vergr. 700.
„ 591. *Peromelissa denticulata* (Ehrenberg). T.-St. 147. Vergr. 700.
„ 592. *Plectopyramis polypleura* Haeckel. T.-St. 229. Vergr. 400.



Taf.LXXXIV. Sphaerellaria, Cyrtellaria.

581 Saturnalis aureolatus n.sp. 582,583 Peromelissa denticulata Ehrenberg
584 Saccospyris antarctica n.gen.n.sp.var. quadripartita 585 Lamprocyclas intermedia n.sp.
586 Triceraspyris antarctica n.sp. 587 Ellipsoxiphium palliatum Haeckel 588 Xiphatractus radiosus Ehrenberg
589,590 Saccospyris antarctica n.gen.n.sp.var. quinquepartita 591 Peromelissa denticulata Ehrenberg 592 Plectopyramis polypleura Haeckel

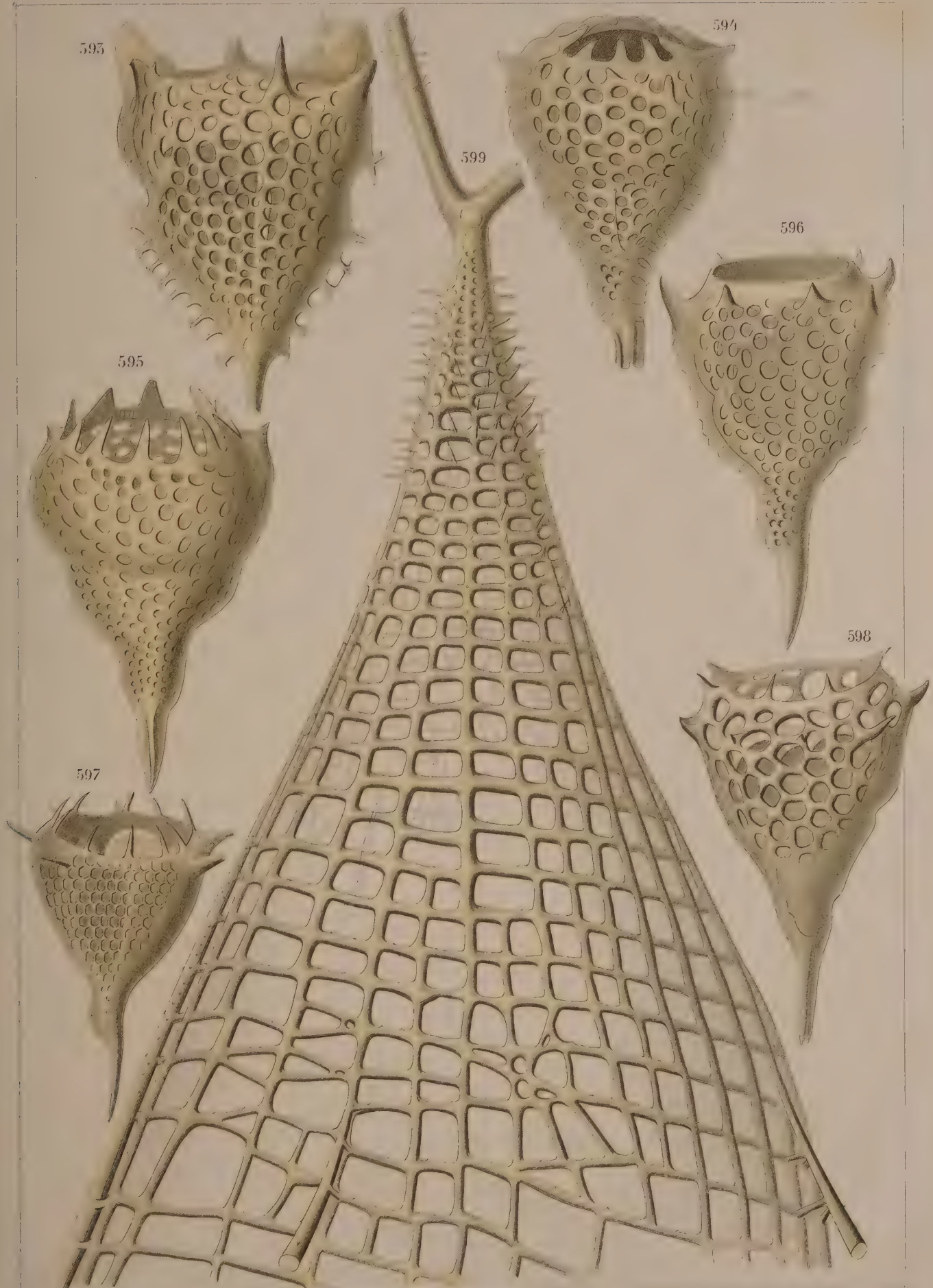
Tafel LXXXV.

Tafel LXXXV.

Cyrtellaria.

Sämtliche Figuren sind bei 400-facher Vergr. gezeichnet.

Fig. 593. *Hexalodus dendrophorus* n. gen. n. sp. T.-St. 227.
„ 594. *Lamprocyclas maritalis* HAECEL. T.-St. 268.
„ 595. „ „ „ T.-St. 237.
„ 596. *Craterocyclas robustissima* n. gen. n. sp. T.-St. 227.
„ 597. *Anthocyrtidium biseriale* n. sp. T.-St. 170.
„ 598. *Lamprocyclas dentata* n. sp. T.-St. 121.
„ 599. *Cinclopyramis gigantea* n. sp. T.-St. 55. Sowohl die Apicalstacheln, als der basale Schalenteil sind unvollständig gezeichnet.



Marian H. Mülberger del. Lith. Anst. v. A. Gutsch, Jena.

Taf. LXXXV Cyrtellaria.

593 Hexalodus dendrophorus n. gen. n. sp. 594, 595 Lamprocyclas maritalis Haeckel
596 Craterocyclas robustissima n. gen. n. sp. 597 Anthocyrtidium biseriale n. sp.
598 Lamprocyclas dentata n. sp. 599 Cinclopyramis gigantea n. sp.

Tiefsee-Radiolarien.

Allgemeiner Teil.

Form und Formbildung bei den Radiolarien.

Bearbeitet von

Valentin Haecker.

Mit Tafel LXXXVI—LXXXVII und 2 Karten.

Erste Hälfte des Manuskriptes eingegangen den 20. August 1908.

C. Chun.

Seitdem durch die ersten Planktonfänge und durch die ersten mikroskopischen Analysen skelettführender Sedimente die Welt der Radiolarien der Forschung erschlossen worden ist, besonders aber seit dem Erscheinen des großen Tafelwerkes des „Challenger"-Reports, ist es vor allem die geometrisch-regelmäßige Form des Skelettes gewesen, welche bei vielen dieser Organismen als augenfälligstes Merkmal empfunden wurde, und so hat denn nicht bloß die morphogenetische Spekulation, sondern auch die ästhetische und philosophische Naturbetrachtung immer wieder bei diesen Regelmäßigkeiten angeknüpft. Es sei nur an zwei morphologische Theorien erinnert, bei deren Begründung und Verteidigung die Radiolarien eine wichtige Rolle gespielt haben, an die Grundformenlehre Haeckel's und an die mechanische Gerüstbildungshypothese seines Schülers Dreyer, und ebenso möge auf die bekannten bildlichen Zusammenstellungen hingewiesen sein, durch welche, auch wieder von seiten Haeckel's, Künstler und Laien auf die wunderbaren Skelettstrukturen der Radiolarien aufmerksam gemacht wurden.

Während so hauptsächlich das Rhythmische und Symmetrische im Aufbau dieser Organismen das Interesse fesselte, hat die Forschung vor einem anderen hervorstechenden Charakterzug der Radiolarienwelt, vor ihrem Formenreichtum, wie vor einem großen, unenthüllbaren Mysterium Halt gemacht. In der That sind bis jetzt nur ganz vereinzelte Versuche gemacht worden, die beispiellose Mannigfaltigkeit der Radiolarienformen von einem anderen Gesichtspunkt als von dem der Stammesgeschichte aus verständlich zu machen, und angesichts des Umstandes, daß der außerordentliche Artenreichtum der Radiolarien in absolut keinem rationalem Verhältnis zu der monotonen Beschaffenheit des äußeren Mediums zu stehen scheint, konnte hier sogar die alte Vorstellung von einer schrankenlosen, gleichsam launisch spielenden Gestaltungskraft der Natur einen Rückhalt finden.

Haeckel freilich hat gerade an dem Formenreichtum der Radiolarien die vergleichend-morphologische Methode stammesgeschichtlicher Forschung zu erproben und so wenigstens eine beschreibend-historische Erklärung dieser Mannigfaltigkeit zu geben versucht, und da in der That viele auf den ersten Blick divergente Radiolariengruppen sich zwanglos in phylogenetischen Reihen zusammenschließen lassen, so hält er die Radiolarien für „phylogenetisch weit interessanter und dankbarer als die meisten übrigen Protozoen", und er meint, daß „die Triumphe, welche die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Radiolarien in der phylogenetischen Erkenntnis dieser Formenreihen liefert, um so bedeutungsvoller sind, als sie auch auf wichtige Fragen der generellen Phylogenie und Descendenztheorie ein helles Licht werfen" (1894, S. 204).

Wir sind heute vielleicht skeptischer geworden bezüglich der Beurteilung der reinen vergleichend-morphologischen Methode und bezüglich der Wertschätzung „phylogenetischer Reihen", solange nicht auch die Paläontologie und Ontogenie ein wirklich ausreichendes Material liefern und solange wir keine Mittel in der Hand haben, verwandtschaftliche Aehnlichkeiten von Konvergenzbildungen mit Sicherheit zu unterscheiden. Jedenfalls sind aber heute, 20 Jahre nach dem Erscheinen des „Challenger"-Reports, die Fragestellungen, mit denen wir an formenreiche Gruppen herantreten, in verschiedener Hinsicht andere geworden; hintereinander und vielfach miteinander verknüpft, sind anatomisch-physiologische, ökologische und entwickelungsmechanische Probleme in den Vordergrund des Interesses gerückt, und so möchten wir jetzt vor allem die Frage der Lösung näherbringen, welche biologische Bedeutung ein solcher Formenreichtum hat und durch welche Faktoren die Formen in der Ontogenese bestimmt und zur Entfaltung gebracht und in der Phylogenese erhalten und abgeändert werden.

Nach allen diesen Richtungen hin ist aber die Formenwelt der Radiolarien, wenn wir von DREYER's rein hypothetischem Versuche absehen, bis jetzt ein nahezu vollkommen jungfräuliches Gebiet gewesen, und so sehen wir z. B., daß ARNOLD LANG, der in seinem Lehrbuch eine hoch specialisierte Cölodendride *(Coelospathis ancorata)* als Beispiel eines in seinem Skelettbau äußerst komplizierten einzelligen Wesens in genauer Beschreibung vorführt, keinerlei Versuche macht, die Strukturen biologisch zu deuten, und mit einer gewissen Resignation die Worte hinzufügt: „Ein Organismus, wie der beschriebene, ist gewiß wunderbar kompliziert, wenn man bedenkt, daß er nur eine einzige Zelle darstellt. Doch hält die physiologische Vervollkommnung lange nicht gleichen Schritt mit der morphologischen Komplikation, die für uns zum größten Teil noch unverständlich ist."

Es schien mir verlockend zu sein, die reiche Radiolarien-Ausbeute der „Valdivia" im Sinne einer erweiterten Formenlehre so gut wie möglich auszuwerten und, soweit es am toten Material, ohne das Hilfsmittel des Experimentes, und nur unter ausgiebiger Heranziehung der reichlich vorhandenen teratologischen Daten möglich ist, auch an die Behandlung einiger formphysiologischer Fragen heranzutreten. Vom Boden der reinen Experimentalforschung aus mögen die Methoden und das Erreichte als unzulänglich angesehen werden, es scheint mir aber angebracht zu sein, in ein unbebautes Gebiet lieber auf einem vorläufigen und unvollkommenen Wege, als überhaupt nicht einzudringen.

Einige Ergebnisse, zu welchen ich bald nach der Inangriffnahme der Arbeit bezüglich der biologischen Bedeutung einiger feinerer Skelettstrukturen gelangt war, haben von Anfang an der Untersuchung eine bestimmte Richtung gegeben, und so bin ich veranlaßt worden, die Formen der Radiolarien, und insbesondere der Tripyleen, hintereinander von vier Gesichtspunkten aus eingehender zu behandeln und den vorliegenden „Allgemeinen Teil" in vier organisch zusammenhängende Abschnitte zu gliedern:

I. Form und Funktion.
II. Form und Medium.
III. Formbildung in der Ontogenese.
IV. Vererbung und Variation.

In einem Schlußwort soll dann nochmals auf den Formenreichtum eingegangen werden.

Im Rahmen dieser Abschnitte haben mehrere Gegenstände Besprechung gefunden, welche sicherlich nicht in das Gebiet einer Formenlehre im gewöhnlichen Sinne des Wortes gehören, so die geographische Verbreitung und Ernährung im II. und die Fortpflanzung im IV. Abschnitte. Aber bei dem vorwiegenden Interesse, welches gerade die Form der Radiolarien von jeher auf sich gelenkt hat, und bei der Unmöglichkeit, am toten Material allen anatomischen und physiologischen Problemen gleichmäßig nachzugehen, mag diese Unterbringung und überhaupt die ganze, vom Ueblichen abweichende Anordnung des Allgemeinen Teiles berechtigt erscheinen. Daß ein Versuch, die Formenlehre in dieser Weise in den Vordergrund zu stellen, praktisch durchführbar ist, das glaube ich im folgenden zeigen zu können; ob er auch grundsätzlich-systematisch statthaft ist, das läuft in letzter Linie auf eine Kernfrage naturphilosophischer Art hinaus, auf welche an dieser Stelle nicht eingegangen werden soll.

Bemerkt sei noch, daß der Allgemeine Teil selbstverständlich in ausgedehntestem Maße auf die Beschreibungen im Systematischen Teil und insbesondere auf das Tafelwerk Bezug nimmt. Jedoch ist ersterer selbst so weit mit Abbildungen ausgestattet, daß eine fortlaufende Lektüre auch ohne Benutzung der Tafeln möglich sein wird.

I. Abschnitt.

Form und Funktion.

Fachwerke einfacher Ordnung.

Ueber die Bedeutung der gröberen und feineren Strukturen des Radiolarienskelettes sind bisher nur ganz allgemein gehaltene Ansichten geäußert worden. Was die Hauptbestandteile des Skelettes, die Gitterschalen der Spumellarien und Castanelliden, den Sagittalring der Nassellarien, die Radialstacheln der Aulacanthiden und Acantharien u. s. w. anbelangt, so ist Haeckel jedenfalls im Recht, wenn er diese Bildungen ganz allgemein als Stütz- und Schutzapparate bezeichnet, d. h. als Stützen für die plasmatischen und gallertigen Weichkörperteile und als Schutzvorrichtungen gegen äußere Einflüsse, unter denen wohl in erster Linie an die Angriffe von Feinden gedacht worden ist. In den meisten Fällen wird sich übrigens die stützende und schützende Funktion ebensowenig voneinander trennen lassen, wie dies z. B. beim Chitinpanzer der Arthropoden der Fall ist. Eine besondere Funktion, nämlich die von Fangapparaten, käme nach Haeckel den verschiedenen Appendicularorganen des Skelettes, z. B. den End- und Seitenanhängen der Aulacanthidenstacheln und Cölographidengriffel, zu (Textfig. 103), und in ähnlicher Weise erscheinen auch nach Dreyer (1892, S. 380) die Ankerfädchen der letzteren „sehr zweckmäßig zum Zurückhalten anschwimmender Nahrungspartikel und als Haftapparate". Freilich will Dreyer, der bei der streng mechanistischen Tendenz seiner Untersuchung

teleologischen Erklärungsversuchen fernsteht, einer solchen Deutung keinen besonderen Wert beimessen.

Daß sich bisher — abgesehen von einigen Ausführungen BRANDT's (1892, S. 4 ff.) — noch niemand ernstlich mit einer teleologischen Betrachtung des Radiolarienskelettes befaßt hat, ist auf den nämlichen Grund zurückzuführen, aus welchem auch die Kieselskelette der Hexactinelliden noch nicht von diesem Gesichtspunkte aus bearbeitet worden sind. Den ersten Untersuchern dieser Objekte lag eben kein vollkommen genügend konserviertes Material vor, an welchem die Beziehungen der Skelettteile zu den peripherischen Weichkörperteilen deutlich hervortraten. Speciell der größte Teil des „Challenger"-Materials bestand ja aus Bodensedimenten, also aus leeren Gehäusen und Schalenbruchstücken, und so hatte HAECKEL keine Veranlassung, von der Vorstellung abzugehen, daß ein großer Teil der Skelettstrukturen nackt, d. h. ohne plasmatische Umhüllung, ins umgebende Medium hervorrage.

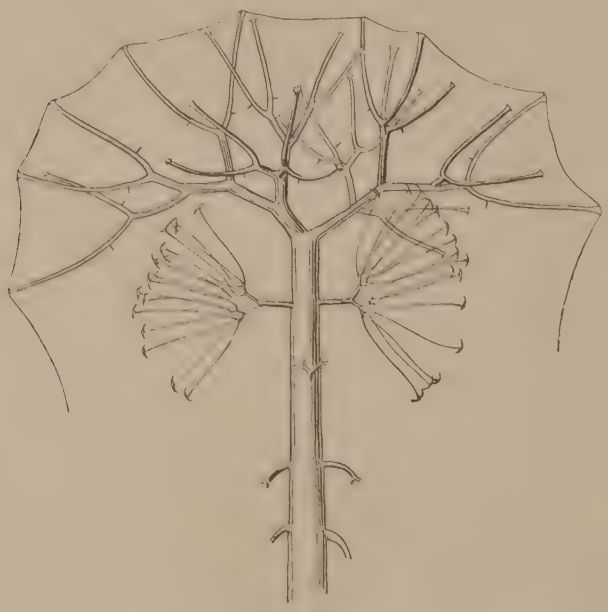


Fig. 103.

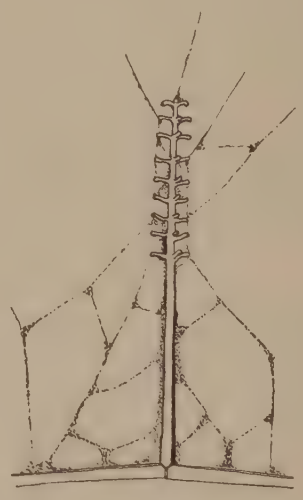


Fig. 104.

Fig. 103. Terminalkrone eines Radialstachels von *Coelodecas ambulacrum*.
Fig. 104. Radialstachel von *Aulosphaera elegantissima* mit dem Ueberzug der extrakapsulären Sarkode (nach R. HERTWIG).

Was im besonderen die Tripyleen anbelangt, so rühren die einzigen abweichenden Beobachtungen von R. HERTWIG und BÜTSCHLI her. Ersterer (1879) hat einen Radialstachel von *Aulosphaera* abgebildet, welcher samt seinen zahlreichen Astquirlen von einem zarten, spinnwebartigen Netzwerk von Plasmafäden umhüllt erscheint (Textfig. 104). Von diesem Netzwerk strahlen die eigentlichen Pseudopodien frei ins Wasser aus. Eine zweite Beobachtung stammt von BÜTSCHLI (1883) und betrifft eine im Mittelmeer gefischte Cölographide *(Coelothamnus Davidoffi)*. BÜTSCHLI giebt ausdrücklich an, daß die ganz wasserklare Gallerte das gesamte Skelett bis zu den äußersten Spitzen der Strahlen umhülle, aber weder diese, noch die HERTWIG'sche Beobachtung haben in der Literatur eine weitere Beachtung gefunden. Allerdings bildet auch HAECKEL (Rep., Taf. CXXII, Fig. 3) eine Cölographide *(Coelothauma duodenum)* ab, bei welcher die „Griffel"

samt ihren Ankerfädchen vollständig von Gallerte umschlossen sind, dagegen bemerkt er im Text (S. 1447), daß bei den Cölographiden überhaupt die Terminalkronen und die „anchor pencils" über die Oberfläche des Calymmas hervorzuragen scheinen.

Meine eigenen Beobachtungen gingen von den Radialstacheln der Aulacanthiden aus. In der Darstellung, welche HAECKEL von diesen Formen giebt, z. B. in der hier (Textfig. 105) teilweise wiedergegebenen Abbildung von *Aulographis candelabrum*, treten die Stachelenden mit ihren „Appendicularorganen" nackt über die Oberfläche des Weichkörpers, bezw. des Mantels von Tangentialnadeln hervor, und zwischen ihnen entspringen aus dem „Sarcodictyum" (d. h. dem das Calymma äußerlich umhüllenden Sarkodenetz) die frei ausstrahlenden Pseudopodien. Wie indessen das „Valdivia"-Material mit Sicherheit erkennen läßt, liegen den betreffenden Bildern Exemplare mit deformiertem, infolge der Konservierung stark

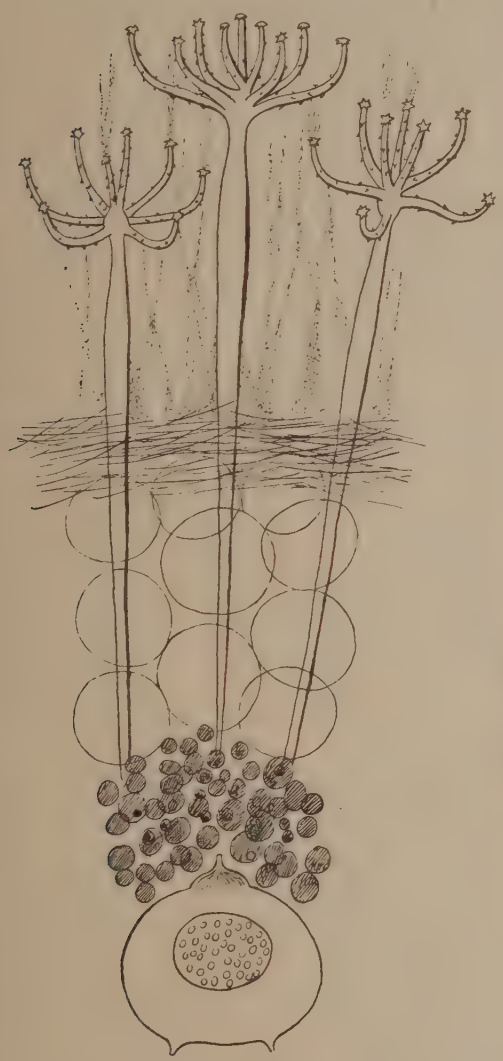


Fig. 105. *Aulographonium candelabrum*, nach HAECKEL (Rep., Taf. CIII, Fig. 1).

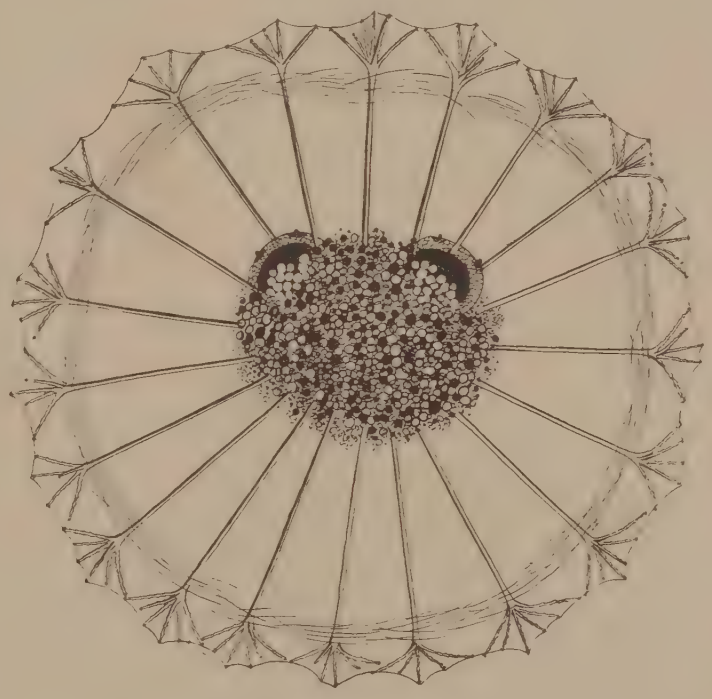


Fig. 106. *Aulographonium bicorne.*

geschrumpftem Weichkörper zu Grunde. Im natürlichen Zustand dagegen ragen die Stacheln, z. B. von *Aulographonium bicorne*, nur mit ihrem äußersten, die Terminalkrone tragenden Ende über den Mantel von feinen Tangentialnadeln hervor und sind nicht nackt, sondern von einem kontinuierlich den Weichkörper umhüllenden, außerordentlich zarten Oberflächen-

häutchen (dem extrakalymmalen Sarkodehäutchen) baldachinartig überwölbt. Von dieser äußersten, die Stachelenden umschließenden Plasmaschicht hat man sich die Pseudopodien ausgehend zu denken.

So treten uns also die Radialstacheln in erster Linie als Stützen oder Streben entgegen, und zwar erscheinen als eigentliche Träger des Oberflächenhäutchens, bezw. als Haftapparate die bedornten oder gezähnten Endbildungen der Terminaläste, die nach dem Vorgang von HAECKEL als Spathillen (σπάθη, Quirl) bezeichnet werden. In typischen Fällen, z. B. bei *Aulographis tetrancistra* (Textfig. 107), sind die Spathillen kleine, den Terminalästen aufgesetzte Scheiben, welche am Rande mit zurückgekrümmten Zähnchen versehen sind. Speciell bei *Aulographonium bicorne* (Textfig. 108) dagegen bestehen die Spathillen aus einem terminalen, nach außen gerichteten Enddorn und einem subterminalen Kranz von 4—6 winzigen Zähnchen. Auch sonst kommen mannigfache Modifikationen dieser Haftapparate vor, in allen Fällen handelt es sich aber darum, durch Vergrößerung der Oberfläche die Adhäsion des Außenhäutchens zu steigern.

Fig. 107. Fig. 108.

Fig. 107. *Aulographis tetrancistra.*
Fig. 108. *Aulographonium bicorne.*

Durch die Terminaläste selbst, welche speciell bei den einzelnen *Aulographonium*-Arten einen verschieden gebogenen Verlauf besitzen (Textfig. 105 und 108) und vielfach auf knopf- oder polsterartigen Ausweitungen des Stachelendes aufsitzen, wird der durch die Spannung des Oberflächenhäutchens ausgeübte Druck auf die als Hauptstreben dienenden Radialstacheln konzentriert, und letztere übertragen ihn ihrerseits auf die centrale, verhältnismäßig kompakte, von Phäodellen erfüllte Weichkörpermasse, innerhalb welcher die proximalen Stachelenden ein dichtes Flechtwerk bilden. Die hohle Beschaffenheit der Radialstacheln ist, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, als ein ursprünglicherer Zustand zu betrachten gegenüber den bei anderen Familien auftretenden massiven Stacheltypen und als eine im Interesse der Gewichts- und Materialersparnis beibehaltene Eigenschaft anzusehen, während die spindelförmige Auftreibung der Schaftmitte, welche den Radialstacheln vieler Aulacanthiden die Form von Turnierlanzen giebt, geeignet ist, ihre Druck- und Biegungsfestigkeit zu erhöhen. Zuweilen sind die Terminaläste und die Auftreibungen des Schaftes so orientiert, daß man einen kontinuierlichen Uebergang von Spannungstrajektorien aus den ersteren in die letzteren annehmen kann (Textfig. 105).

Alles in allem bilden Oberflächenhäutchen, Radialstacheln und centrale Weichkörpermasse zusammen ein einigermaßen elastisches und nachgiebiges System, welches nicht bloß unter

normalen Verhältnissen den Zusammenhalt und die Gesamtform des Organismus gewährleistet, sondern auch bei äußeren Einwirkungen, insbesondere wohl bei Kollisionen mit aktiv beweglichen Organismen, ein gewisses Maß von Druck- und Stoßfestigkeit und eine sofortige Restitutio ad integrum ermöglicht.

Ich bin von den Stacheln der Aulacanthiden ausgegangen, weil mir bei ihnen die beschriebenen Zusammenhänge erstmals aufgefallen sind und weil sie, wegen der überaus mannigfaltigen Ausbildung der Terminalbildungen, die Funktionen des Skelettes wenigstens nach einer Seite hin besonders deutlich erkennen lassen. Nicht minder lehrreich sind aber diejenigen Tripyleentypen, bei welchen die Radialstacheln mit ihren centralen Enden nicht einfach in die Weichkörpermasse hereingesteckt, sondern mehr oder weniger fest mit einer geschlossenen Gitterschale verbunden sind. Bei diesen Formen, insbesondere bei den Aulosphäriden, Sagosphäriden und Castanelliden, haben wir wirkliche Fachwerke einfacher Art vor uns, welche ganz

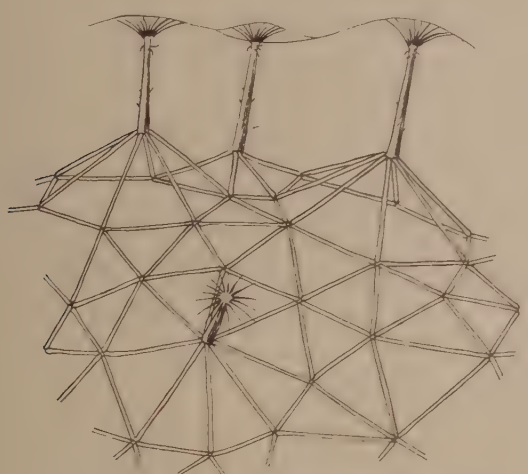


Fig. 109. Eine Gruppe von Pyramiden von *Auloscena verticillus*.

Fig. 110. Radialstachel von *Auloscena verticillus*.

allgemein den Zusammenhalt des Weichkörpers vermitteln, vor allem aber den als Druck- und Stoßfänger funktionierenden Radialstacheln als Unterlagen und damit als Druckverteilungsapparate dienen.

In besonders schöner Weise lassen die Aulosphäriden, namentlich die *Auloscena*-Arten, die Funktion der einzelnen Skelettteile erkennen (Textfig. 109, 110). Die Gitterschale besteht hier aus lauter selbständigen, tangentialen, mit Gallerte gefüllten Kieselröhren, welche in den einzelnen Knotenpunkten meist zu fünfen oder sechsen zusammentreten und so ein sehr regelmäßiges trigonales Maschenwerk bilden. Speciell bei den Auloscenen erhebt sich nun ein Teil der Knotenpunkte zu flachen, meist regelmäßig sechsseitigen Pyramiden, welche die mit kronenförmigen Terminalbildungen ausgestatteten Radialstacheln tragen. Sowohl der normale, bei kugeligen Formen überall gleichmäßige Druck des Oberflächenhäutchens, als auch einseitige, von außen kommende

Stoßwirkungen werden von den elastischen Armen der Kronen aufgenommen (Textfig. 110), und zwar bringt es die große Zahl und regelmäßige Anordnung der Arme mit sich, daß speciell die letztgenannten Druckwirkungen sich auf größere Bezirke der Oberfläche verteilen und dadurch die Haut vor einseitiger Derangierung oder Durchbohrung bewahrt wird. Indem ferner der von den Armen aufgenommene Druck auf den Schaft des Radialstachels und die Fußpyramide weitergeleitet wird, erfolgt abermals eine Verteilung seiner Wirkung. Dabei dürften zweifellos die gelenkartigen Verbindungen der Hohlstäbe, die ich als Radgelenke beschrieben habe (Textfig. 111), eine wichtige Rolle spielen. Denn wenn es auch bei der Kleinheit und Elasticität des Objektes unmöglich ist, die minimalen Winkelveränderungen der in den Knotenpunkten zusammenstoßenden Tangentialbalken direkt zu beobachten und zu messen, so scheint mir doch aus der ganzen Anordnung der sternartigen Knotenpunkte mit Bestimmtheit hervorzugehen, daß für die Tangentialröhren nicht bloß die Möglichkeit kleiner Drehungen besteht, sondern daß es sich wirklich um eine „zweckmäßige" Einrichtung, um die Herstellung eines „halbstarren Systems" handelt, dessen Sinn eben in der Milderung der von außen kommenden Stoßwirkungen gelegen ist (vergl. Spec. Teil, S. 103; 1904a, S. 598).

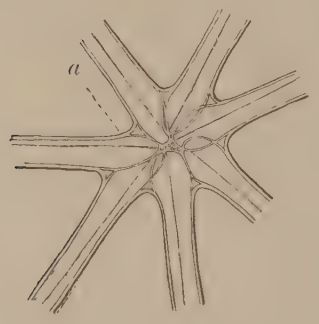


Fig. 111. Stern aus der Gitterschale von *Auloscena verticillus*. Bei *a* spaltet sich die Röhrenwandung in zwei Lamellen, von denen sich die äußere als Gelenkkapsel auf die benachbarte Röhre überschlägt, die innere in die Bildung des Astralseptums übergeht.

Auch beim Aulosphäridenskelett kommt als eine weitere architektonisch verständliche Eigentümlichkeit die hohle Beschaffenheit des Schaftes und der Streben hinzu. Es handelt sich hier selbstverständlich um Einrichtungen, welche eine bedeutende Material- und Gewichtsersparnis ermöglichen. Auf die Centralfäden, welche die Skelettelemente der Aulosphäriden im Unterschied von den Radialstacheln der Aulacanthiden besitzen, wird an anderer Stelle eingegangen werden.

Konstruktionen ähnlicher Art, wie sie das *Auloscena*-Skelett zeigt, sind sowohl aus der Technik wie aus der Organismenwelt bekannt. Sehr nahe liegt vor allem der Hinweis auf die Wirbeltiergliedmaße, deren Stützskelett mit der Krone des *Auloscena*-Stachels und deren distal zunehmende Gliederung mit der Fußpyramide vergleichbar ist. Auch an die Stützwurzeln vieler Pflanzen, namentlich an die bekannten Stelzenwurzeln der Mangrovebäume *(Rhizophora)*, mag noch besonders erinnert werden.

Einrichtungen von ähnlicher Art und gleicher Funktion, wie die Aulosphäriden, weisen auch viele Sagosphäriden auf, nur daß hier die einzelnen Skelettelemente sich als massive, sehr biegsame Balken darstellen und in den Knotenpunkten wirklich miteinander verschmolzen sind, und mit dem ferneren Unterschiede, daß die Fußpyramiden nicht einfache Erhebungen einzelner Felder des Maschenwerkes sind, sondern als selbständige, der Gitterschale aufgesetzte, zeltartige Bildungen erscheinen (Textfig. 113). Trotz dieser strukturellen Verschiedenheiten können aber die Skelette der Aulosphäriden und Sagosphäriden auf Grund einer Konvergenzentwickelung sehr weitgehende Uebereinstimmungen zeigen, wie dies z. B. bei den keulenförmig verdickten Radialstacheln von *Auloscena atlantica* und *Sagenoscena lampadophora* (Textfig. 112 und 113) der Fall ist. Jedenfalls ist aber die mechanische Leistung der beschriebenen Skelettbildungen in beiden Familien die nämliche, abgesehen von dem Umstand, daß bei den Aulosphäriden die Elasticität

und relative Nachgiebigkeit des Aulosphäridenskelettes im wesentlichen auf dem Vorhandensein der „Radgelenke“, diejenige des Sagosphäridenskelettes auf der Biegsamkeit der Balken selber beruht.

Auch bei den Castanelliden dienen, wie zahlreiche wohlerhaltene Exemplare des „Valdivia“-Materials zeigen (Taf. XXXVI, Fig. 274), die Radialstacheln in erster Linie als Träger für das Oberflächenhäutchen und somit als Druckfänger. Ein wesentlicher Unterschied der Castanelliden gegenüber den vorhin genannten Familien besteht aber darin, daß die Gitterschale selber,

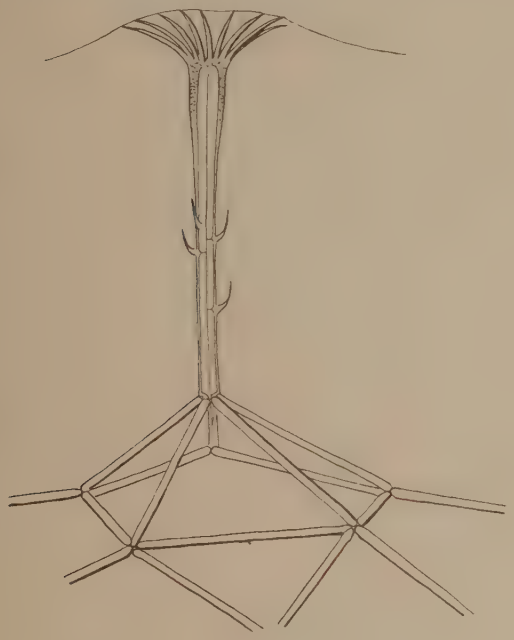


Fig. 112. *Auloscena atlantica* n. sp.

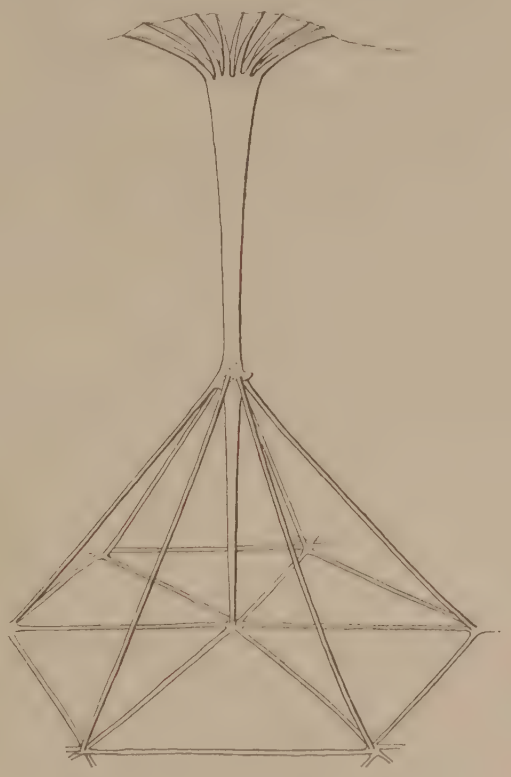


Fig. 113. *Sagenoscena lampadophora* n. sp.

welche einerseits als Schutzhülle, andererseits als Stütze für die Radialstacheln und somit als Druckverteilungsapparat funktioniert, ein durchaus festes Gefüge zeigt und somit keine lokalen und vorübergehenden Ausbiegungen und Formveränderungen einzugehen im stande ist. Das gleiche gilt auch für die zu den Circoporiden gehörigen Haeckelianen (Taf. XX, Fig. 176, 177).

Fachwerke höherer Ordnung.

Schon bei einzelnen der einfacher gebauten Sagosphäriden sehen wir eine weitere Differenzierung angebahnt, welche in den Konstruktionen der Ingenieur-Mechanik ihr Gegenstück findet, nämlich die Ausbildung von Fachwerken höherer Ordnung, welche in noch stärkerem Maße als die bisher besprochenen Strukturen den Anforderungen der Druck- und Biegungsfestigkeit genügen dürften. Wie weiter unten eingehender geschildert werden soll, sind an den beiden Polen der ballonförmigen Individuen von *Sagenoscena irmingeriana* die Spitzen der Fuß-

pyramiden durch Tangentialbalken miteinander verbunden, so daß eine seitliche Versteifung der Radialstacheln herbeigeführt wird (Taf. XVII, Fig. 159, 160). Bei der Sagosphäriden-Gattung *Sagenoarium* und ebenso bei den koloniebildenden Tuscaroren ist diese seitliche Verkoppelung der Fußpyramiden eine ganz allgemeine geworden, und indem also sämtliche Pyramiden mit allen ihren Nachbarn durch tangential verlaufende Balken verbunden sind, wird durch die Gesamtheit der letzteren eine zweite äußere Gitterschale gebildet, welche, wenigstens bei *Sagenoarium*, von der primären inneren Schale durch etwas weitere Maschen unterschieden ist (Textfig. 114). So entsteht ein kompliziertes, aber sehr regelmäßig angeordnetes Fachwerk, welches aus zwei „Gurtungen", nämlich der äußeren und inneren Gitterschale, und einer aus den Zeltstäben gebildeten „Füllung" besteht. Da die Füllungsglieder die Gurtungen unter spitzem Winkel treffen, so würden die Skelette von *Sagenoarium* und *Tuscarora* unter den Begriff des „Strebenfachwerkes" fallen, angesichts ihrer dimensionalen, von den einfacheren Konstruktionen der Ingenieur-Mechanik wesentlich abweichenden Verhältnisse wird man von einem „räumlichen Fachwerk höherer Art" reden müssen [1]).

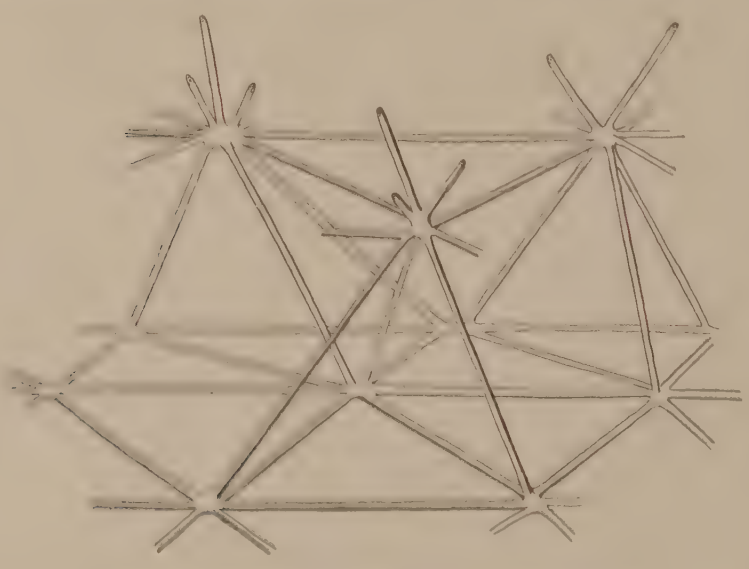


Fig. 114. *Sagenoarium dicranon.* Gitterwerk in Seitenansicht.

Fachwerke ähnlicher Art, die aber wegen der rechtwinkligen Verbindung der Gurtungen und Füllungsglieder als „Ständerfachwerke" zu bezeichnen wären, finden sich bei den Cannosphäriden. Sie sind deshalb von großem Interesse, weil sie eine außerordentlich weitgehende Uebereinstimmung mit den Skelettstrukturen der Hexactinelliden zeigen, worauf ich schon früher (1904a) hingewiesen habe. Das Skelett der Cannosphäriden besteht aus zwei konzentrischen Schalen, von denen die äußere (Textfig. 115 *ä*) aus tangential gelagerten, in fünf- oder sechsseitigen Maschen angeordneten Hohlstacheln besteht und in ihren Knotenpunkten die verschieden gestalteten Radialstacheln trägt, während die innere *(i)* ein mit einer Hauptöffnung versehenes, bald solides, bald siebartig durchlöchertes Gehäuse bildet. Beide Schalen sind durch sehr dünne Hohlröhren, die Radialbalken, miteinander verbunden. Letztere bilden die direkten Fortsetzungen von kegel- oder warzenförmigen Erhebungen der inneren Schale und setzen in den Mittelpunkten der leicht geknickten Tangentialbalken der äußeren Schale an. Wir haben es also auch hier mit einem räumlichen Fachwerk höherer Art zu thun, dessen Gurtungen durch die äußere und innere Gitterschale und dessen Füllungsglieder durch

1) Für freundliche Beratung auf diesen Grenzgebieten bin ich meinen Kollegen J. v. WEYRAUCH und KÜBLER zu großem Danke verpflichtet.

die Radialbalken gebildet werden, und dessen mechanische Funktionen nach dem früher Gesagten ohne weiteres verständlich sind.

Eine Komplikation weist das *Cannosphaera*-Skelett noch insofern auf, als sowohl die Tangentialbalken der Außenschale als auch die Radialbalken mit „Ankerfädchen", d. h. mit dreiarmigen, an einem dünnen Kieselfaden befestigten Ankerchen, ausgestattet sind. Die Ankerfädchen der Tangentialbalken sind nach außen gerichtet, diejenigen der Radialbalken zeigen eine quirlförmige Anordnung und im ganzen eine tangentiale Richtung (Textfig. 115).

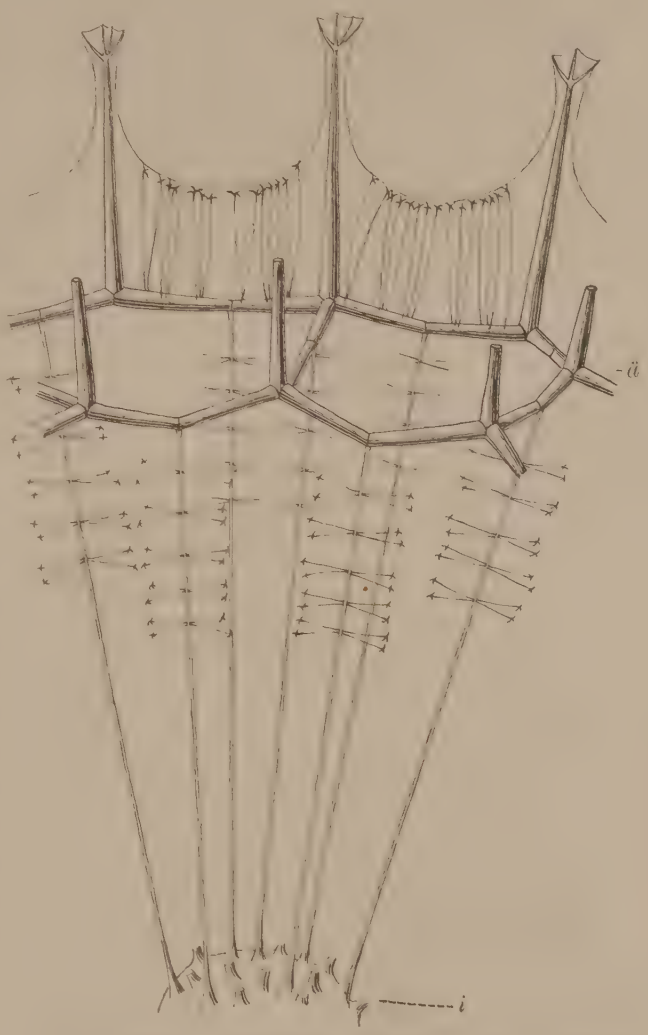


Fig. 115. Skelett von *Cannosphaera antarctica*. *ä* äußere Gitterschale, *i* inneres Gehäuse.

Welche Bedeutung haben diese Ankerfädchen? Sind sie wirklich, wie Haeckel und Dreyer vermutet haben, als Fang- und Haftapparate zu betrachten, welche anschwimmende Nahrungspartikelchen festzuhalten haben? Es ist hier zu sagen, daß man allerdings die Skelette der antarktischen Cannosphären fast stets mit großen Mengen von Diatomeen, insbesondere mit den mächtigen Cylindern von *Corethron*, angefüllt findet. Da nun die meisten dieser Diatomeen mit langen, stachel- oder borstenförmigen Fortsätzen und speciell die *Corethron*-Arten außerdem mit eigentümlichen Häkchen ausgestattet sind, so könnte man in der That zu der Annahme gelangen, daß die Ankerfädchen von *Cannosphaera* die Funktion haben, sich mit den Fortsätzen der Diatomeen zu verstricken und also letztere festzuhalten. Indessen zeigen diejenigen Exemplare, deren Calymma und Phäodium vollkommen erhalten ist, erstens, daß gar nicht die großen Charakterformen des antarktischen Diatomeenplanktons, sondern kleinere, stark verkieselte Arten *(Fragilaria, Coscinodiscus)* den Cannosphären als Nahrung dienen und daß also jene großen Formen wohl erst im Netze in die Skelette hereingeraten waren, und zweitens, daß im natürlichen Zustand wenigstens die Ankerfädchen der Radialbalken vollkommen im Calymma eingeschlossen sind. Sie können demnach nur die Bedeutung von intermediären Stützelementen haben.

Das Gleiche gilt für die Ankerfädchen der Tangentialbalken, solange sich der Weichkörper im Zustande größter Ausdehnung befindet. Ist jedoch das Weichkörpervolumen ein geringeres

und ist also die über die Radialstacheln gespannte extrakalymmale Sarkodehaut stark eingebuchtet, so kann letztere mit ihren Einbuchtungen die Ankerchen der Tangentialbalken erreichen, und die Ankerchen scheinen dann in ähnlicher Weise mit der Außenhaut verbunden zu sein, wie die Spathillen der Aulacanthidenstacheln. Es dürften demnach die Ankerfädchen der Tangentialbalken, wenigstens bei gewissen Kontraktionszuständen des Weichkörpers, eine ähnliche Rolle wie die Terminalkronen der Radialstacheln spielen, d. h. sie werden als sekundäre Haft- und Stützapparate für das äußere Sarkodehäutchen dienen, während sie, wie gesagt, bei maximalem Weichkörpervolumen ausschließlich die Aufgabe von intermediären Stützelementen haben.

Bei Betrachtung der in diesem Kapitel geschilderten Skelettstrukturen wird man vielfach an die Anordnungsverhältnisse erinnert, welche die Stützsubstanzen in anderen Organismengruppen zeigen, so z. B. an die Verteilung des „mechanischen Gewebes" in den oberirdischen Organen der Pflanzen, in den Halmen, Blütenstengeln u. s. w. So konnte ich denn auch bei meinen Radiolarien-Untersuchungen manche Anregungen aus den einschlägigen Abschnitten in G. HABERLANDT's „Physiologischer Pflanzenanatomie" schöpfen, und umgekehrt trat die Verlockung an mich heran, meine an den Radiolarien gemachten Erfahrungen auch auf Gebiete zu übertragen, welche bisher keine eingehende Bearbeitung von teleologischem Standpunkt aus erfahren haben. In erster Linie kamen dabei die Kieselschwämme und speciell die Hexactinelliden in Betracht, eine Gruppe von Organismen, deren wunderbar gestaltete Kieselskelette von jeher das ästhetische Interesse der Beobachter auf sich gelenkt und wohl auch die Frage nach der Bedeutung der Einzelstrukturen immer wieder nahegelegt haben. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle zu wiederholen, was ich bereits früher (1904a) über die Skelettstrukturen der Hexactinelliden vorgebracht habe:

„Wer an der Hand der Erfahrungen, welche an den Skeletten der Tripyleen gemacht werden konnten, einen Streifzug in das Gebiet der Hexactinelliden unternimmt und die Darstellungen in den neueren Arbeiten F. E. SCHULZE's [1]) durchmustert, der wird in der Lage sein, an allen Ecken und Enden alte Bekannte wiederzufinden. Schon der Grundplan des Gesamtgerüstes zeigt, wenn man die Hexactinelliden mit den Tripyleen vergleicht, sehr viel Berührungspunkte. Wir haben bei *Cannosphaera* gesehen, daß sich das Skelett als Ganzes als ein Fachwerk darstellt, bei welchem die äußere Gurtung durch die Gitterschale, die innere Gurtung durch das Innengehäuse und die Füllung durch die Radialbalken gebildet werden (Fig. 115). Ferner sind bei *Cannosphaera* die Radialstacheln als Druckfänger oder Druckvermittler, die inneren Ankerfädchen als intermediäre Stützelemente anzusehen.

Zu einem Fachwerk ganz ähnlicher Art sind auch die Skelettteile der Hexactinelliden zusammengefügt, nur daß hier zu den beiden Hauptgurtungen, welche durch die Systeme der Autodermalia und Autogastralia gebildet werden, unter Umständen noch eine oder mehrere Zwischengurtungen in Gestalt der Parenchymalia hinzukommen können (Fig. 116), sowie auch bei Pflanzenteilen, z. B. bei den Schäften der Cyperaceen, die beiden als Hauptträger funktionierenden Bastrippen durch dazwischen gelagerte, im Querschnitt als „Bastsicheln" erscheinende Stränge

1) Vergl. insbesondere F. E. SCHULZE, Die Hexactinelliden des Indischen Oceans. I. Teil: Die Hyalonematiden, Berlin 1894. II. Teil: Die Hexasterophora, Berlin 1895. III. Teil: Berlin 1900. Derselbe, Die Hexactinelliden, in: Fauna arctica, Bd. I, Lief. 1, Jena 1900. Derselbe, *Caulophacus arcticus* (ARMAUER HANSEN) und *Calycosoma gracile* F. E. SCHULZE nov. spec. Abh. K. Preuß. Akad. Wiss., Berlin 1903.

unterstützt werden können[1]). Als Fachwerke mit nur zwei Hauptgurtungen könnten die Skelette der beiden von SCHULZE beschriebenen arktischen Hexactinelliden[2]) bezeichnet werden, Fachwerke mit einer oder mehreren Zwischengurtungen findet man dagegen in besonders schöner Ausbildung bei *Calycosoma gracile*[3]) und bei einzelnen Hyalonematiden[4]).

Bei einem Vergleich speciell des *Hyalonema*-Skelettes mit der *Cannosphaera* kann man entweder die beiden Hauptgurtungen, also das Stratum der Autodermalia und das der Autogastralia, oder aber die äußere Hauptgurtung und die nächstfolgende (vielfach die einzige) Zwischengurtung zu den beiden Schalen von *Cannosphaera* in Beziehung bringen. Versuchen wir zunächst den Vergleich auf letztere Art durchzuführen.

In Fig. 116 ist die Anordnung der Skelettteile von *Hyalonema Heideri*, wie sie sich auf einem senkrecht geführten Schnitte durch die Kelchwand darstellt, wiedergegeben. Das Stratum der Autodermalia, auf dem Bild vertreten durch die tangentialen Strahlen der hypodermalen Pentaktine *(tp)*, entspricht der äußeren Gitterschale von *Cannosphaera*, während die durch die Tangentialstrahlen der parenchymalen Oxyhexaktine *(to)* gebildete Lage mit dem inneren Gehäuse von *Cannosphaera* verglichen werden kann. Ferner entsprechen die Radialstrahlen der Pentaktine und Oxyhexaktine *(rp* und *ro)* den Radialbalken von *Cannosphaera*, die dermalen Pinule *(p)* stehen nach Anordnung und Struktur den Radialstacheln und die zahlreich vorhandenen Mikro-Oxyhexaktine *(mo)* den inneren Ankerchen gegenüber. Auch in funktioneller Hinsicht ergiebt sich eine vollkommene Uebereinstimmung: insbesondere dürfen wohl die Pinule, welche, wie die Radial-

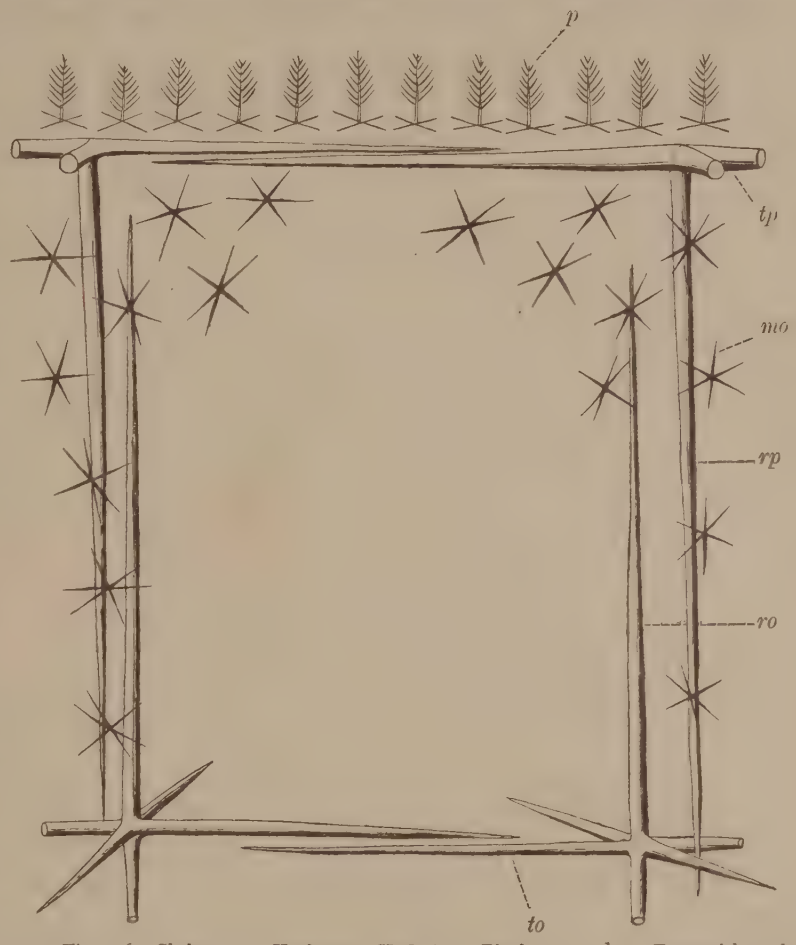


Fig. 116. Skelett von *Hyalonema Heideri*. *p* Pinule, *tp* und *rp* Tangential- und Radialstrahlen der hypodermalen Pentaktine (Außengurtung), *to* und *ro* Tangential- und Radialstrahlen der parenchymalen Oxyhexaktine (Zwischengurtung), *mo* parenchymale Mikro-Oxyhexaktine. Nach F. E. SCHULZE.

1) Vergl. G. HABERLANDT, Physiol. Pflanzenanatomie, 3. Aufl., S. 159.
2) Fauna arctica, Bd. I, Taf. IV, Fig. 2 und 11.
3) *Caulophacus* etc., Taf. II, Fig. 3.
4) Hexactinelliden des Indischen Oceans, Teil I, Taf. III, Fig. 5, 16, 26 u. a.

stacheln, je einen Hautkegel emporheben[1]), als Apparate zur Aufnahme und Verteilung äußerer Druckwirkungen, also als äußere Druckfänger oder Druckverteiler, und die Mikro-Oxyhexaktine, wie die inneren Ankerchen, als intermediäre Stützelemente, als innere Druckfänger oder Druckverteiler bezeichnet werden.

Ein Unterschied besteht freilich zwischen den beiden Gerüstformen. Bei den Hexactinelliden sind die einzelnen Skelettelemente nicht fest verbunden, während bei *Cannosphaera* sämtliche Teile teils direkt ineinander übergehen, teils durch Gelenke miteinander in Zusammenhang stehen, teils, wie die inneren Ankerchen, durch Kieselfäden an den Radialbalken befestigt sind. Es ist klar, daß diese Verschiedenheit ohne weiteres in der Beschaffenheit des Weichkörpers eine Erklärung findet: bei den Schwämmen ist der Weichkörper ein konsistentes, zelliges Gewebe mit eigenem innerem Zusammenhalt, bei *Cannosphaera* dagegen ein Komplex von Gallerte und zarten Plasmasträngen, welcher ohne ein in sich selbst zusammenhängendes Skelett keine genügende Kohäsion besitzen würde, um seine Eigenform zu bewahren.

Es wurde bei der bisherigen Betrachtung nur auf eine Tripyleenfamilie, auf die Cannosphäriden, Bezug genommen. Zieht man auch die Aulosphäriden, Sagosphäriden und Aulacanthiden zum Vergleich heran, so ergiebt sich eine ganze Reihe von weiteren, die feineren Skelettstrukturen betreffenden Uebereinstimmungen.

In erster Linie findet man für die Pinule und überhaupt für die distalen, die Körperoberfläche überragenden Strahlen der hexaktinen und pentaktinen Hautskelettteile bald in den Bäumchen der *Aulosphaera dendrophora* HAECKEL[2]), bald in den der ganzen Länge nach gleichmäßig bedornten Radialstacheln von *Aulastrum spinosum* (Taf. XIV, Fig. 139), bald in den keulenförmigen, „beschuppten" und kanellierten Stacheln verschiedener *Aulacantha*-Arten[3]) das entsprechende Analogon.

Eine weitgehende Aehnlichkeit zeigt aber auch der Aufbau der intermediären Mikro-Oxyhexaktine und ihrer Derivate mit den Endbildungen der Aulacanthiden- und Aulosphäridenstacheln, und dieser morphologischen Aehnlichkeit dürfte auch eine solche in funktioneller Hinsicht entsprechen. Es wurde bereits oben die Annahme ausgesprochen, daß, ebenso wie die Pinule als äußere Druckfänger wirken, jene äußerst zierlichen intermediären Stützelemente der Hexactinelliden, analog den Ankerchen von *Cannosphaera*, als innere Druckfänger oder Druckverteiler funktionieren. Man wird z. B. aus der morphologischen Beschaffenheit der Florikome von *Dictyaulus elegans* (vergl. Fig. 117)[4]) schließen dürfen, daß dieselben einen kugelförmigen, gegenüber der Umgebung in irgend welcher Hinsicht differenzierten Gewebskörper einschließen und mit ihren gezähnelten Endschirmen dessen membranartige Grenzschicht umfassen, so wie die Spathillen der Aulacanthiden in der extrakalymmalen Sarkodehaut festhaften. Trifft nun ein Druck von irgend einer Seite her dieses kugelige Gebilde, so wird das Florikom gemäß seiner besonderen Struktur in zweierlei Weise wirksam sein: es wird erstens infolge der federnden Beschaffenheit seiner Arme den Druck abschwächen, und zweitens auf Grund seines sechsstrahligen Baues den Druck, soweit derselbe nicht schon durch die Federwirkung aufgehoben

1) Vergl. Hexactinelliden des Indischen Oceans, Teil II, S. 5, unten.

2) Vergl. HAECKEL, Rep., Taf. CIX, Fig. 1.

3) Man vergleiche die äußeren Radialstacheln der prinzipalen Hexaktine von *Euplectella aspera* (Hexactinelliden des Indischen Oceans, Teil II, Taf. III, Fig. 4 und 5) mit den Radialstacheln von *Aulacantha cannulata* HAECKEL, Rep., Taf. CV, Fig. 16.

4) Nach Hexact. d. Ind. Oc., Teil II, Taf. IV, Fig. 3 und 6.

ist, verteilen. Trifft nämlich ein Druck das Gebilde genau in der Achsenrichtung eines Einzelbündels, so wird er auf dessen Antipoden übertragen und durch diesen verteilt werden. Setzt jedoch die Druckwirkung an einem anderen Punkte der Oberfläche ein, so wird sie in zwei oder drei Komponenten zerlegt und demgemäß durch die Antipoden eine noch ausgiebigere Verteilung erfahren.

Bei einzelnen Varianten wird entweder die federnde, druckschwächende oder die druckvermittelnde und -verteilende Wirkung der Skelettteile verstärkt. So finden wir z. B. bei den Diskohexastern von *Saccocalyx pedunculata* (Textfig. 118)[1]) durch spiralige Drehungen der Arme die erstere, bei den Diskohexastern von *Dictyaulus elegans* (Textfig. 119)[2]) durch gleichmäßigere Verteilung der Endschirme die letztere Wirkung mehr berücksichtigt.

Fig. 117. Florikom von *Dictyaulus elegans*. Nach F. E. Schulze.

Fig. 118. Diskohexaster von *Saccocalyx pedunculata*. Nach F. E. Schulze.

Fig. 119. Diskohexaster von *Dictyaulus elegans*. Nach F. E. Schulze.

Wieder andere Konstruktionen finden sich bei *Holascus robustus*, bei welchem sich die Hauptarme der Oxyhexaster zum Teil[3]) nach Art der Radialstacheln von *Aulosphaera triodon*, zum Teil[4]) wie die der kronentragenden *Auloscena*-Arten spalten.

Es wäre noch ein Wort über die vermutliche Bedeutung der Amphidisken zu sagen. Hier reichen unsere histologischen Kenntnisse nicht zur Entscheidung der Frage aus, ob diese Gebilde einfach als Puffer aufzufassen sind, oder ob sie, was im Hinblick auf die Anordnung der Amphidisken in den Gemmulis der Süßwasserschwämme wahrscheinlicher sein dürfte, dazu dienen, zwei membranartige Schichten irgend welcher Art gegeneinander abzustützen. Ebensowenig sind wir im stande, zu sagen, welche specielle Bedeutung die eigentümlich asymmetrisch gebauten, auf eine drehende Wirkung eingerichteten Paradisken mancher *Hyalonema*-Arten besitzen[5])."

1) Nach Hexact. d. Ind. Oc., Teil II, Taf. V, Fig. 4, 9, 10.
2) Ebenda, Teil II, Taf. IV, Fig. 8, 10.
3) Ebenda, Teil II, Taf. I, Fig. 4.
4) Ebenda, Teil II, Taf. I, Fig. 7.
5) Ebenda, Teil I, Taf. VII, Fig. 11, 12, 15, 16.

Skelett und Centralkapsel.

Da die radiären Skelettelemente in erster Linie einen Stützapparat für die den Weichkörper zusammenhaltende Oberflächenhaut darstellen, so müssen sie ihrerseits ein Widerlager besitzen, welches gröbere Abweichungen von der Normallage verhindert. Speciell bei kugeligen, ellipsoidischen und anderen einfacher gebauten Formen sind zwei Hauptmöglichkeiten vorhanden, je nachdem die Radialstacheln bis in die centralen Weichkörperpartien reichen und hier eine Befestigung erfahren oder einer in mehr peripherischen Weichkörperschichten gelegenen Schale aufgesetzt sind. So kommen die beiden HAECKEL'schen Typen der Astroidskelette (im weiteren Sinne) und Sphäroidskelette zu stande.

Bei den Astroidskeletten kann die centrale Befestigung der basalen Stachelenden eine sehr verschiedenartige sein. So sind bei den Acantharien, ferner in der Tripyleenfamilie der Astracanthiden (Taf. LXXII) und bei den Thalassothamniden (Taf. LXXIII—LXXV) die Radialstacheln in einem centralen Knotenpunkt vereinigt, bei den Aulacanthiden sind sie kreuzweise in die centrale, kompakte Phäodialmasse eingefügt, und die Cölodendriden sind durch die gleich zu besprechenden komplizierteren Strukturverhältnisse gekennzeichnet.

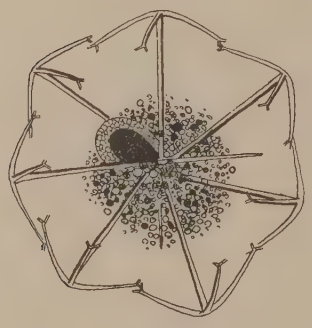


Fig. 120. *Aulographis arcuata* n. sp.

Auch bei den Sphäroidskeletten oder „Gitterkugeln" kommen bezüglich der Befestigung der Radialstacheln verschiedene Varianten vor. Es sei nur an die in den vorigen Kapiteln beschriebenen Verhältnisse bei den Aulosphäriden, Sagosphäriden und Castanelliden erinnert.

Im ganzen sind die Sphäroidskelette weiter verbreitet als die Astroidskelette, und zwar dürfte dies damit zusammenhängen, daß die Gitterkugeln den extrakapsulären Weichkörperteilen einen besseren Zusammenhalt und der Centralkapsel selber einen größeren Schutz gewähren als die astroiden Skelettformen. So kann es nicht überraschen, wenn auch in solchen Radiolariengruppen, welche im ganzen astroide Skelette besitzen, immer wieder Ansätze zum Uebergang auf den sphäroiden Typus gemacht werden. Es sei hier an diejenigen Aulacanthiden erinnert, deren Radialstacheln mit tangential abgehenden oder, wie bei *Aulographis arcuata* (Textfig. 120), mit zurückgekrümmten Terminalästen versehen sind und mit letzteren den Weichkörper käfigartig umklammern, ferner an die Acanthophrakten unter den Acantharien und an die von HAECKEL als eigene Familie behandelten Cölographiden mit ihrer äußeren, durch die miteinander anastomosierenden Astverzweigungen gebildeten Gitterschale (s. unten Textfig. 124).

Die Astroidskelette sind aber nicht bloß insofern gegenüber den Sphäroidskeletten unvorteilhafter, als sie nicht in gleichem Maße, wie diese, den Zusammenhalt und Schutz des Weichkörpers ermöglichen, vielmehr kommt noch hinzu, daß die centralen Teile der ersteren in einen gewissen Konflikt mit der Centralkapsel geraten, welche aus statischen und ernährungsphysiologischen Gründen ebenfalls bestrebt ist, ihren Platz in der Mitte des Weichkörpers einzunehmen. Es ist nun in hohem Maße interessant, zu sehen, wie verschiedenartige Versuche gemacht werden, der Konkurrenz, welche zwischen Centralkapsel und

radiären Skelettstrukturen bezüglich des Weichkörpercentrums besteht, gerecht zu werden (vergl. 1907, S. 159).

Bei den Acantharien und ähnlich bei mehrschaligen Spumellarien mit intrakapsulären Markschalen wird dieser Gegensatz bekanntlich in der Weise ausgeglichen, daß die central gelegene Centralkapsel von den Radialstacheln, bezw. „Radialbalken" durchbohrt wird (Textfig. 121).

Bei der Tripyleenfamilie der Astracanthiden wird die Centralkapsel durch die Radialstacheln aus dem Centrum des Weichkörpers verdrängt (Textfig. 122). Das statische und ernährungsphysiologische Gleichgewicht wird aber dadurch hergestellt, daß eine dauernde Verdoppelung der Centralkapsel eingetreten ist, ähnlich wie bei den Tuscaroren und bei manchen anderen Protozoen *(Amoeba binucleata, Arcella vulgaris)*. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei der Thalassothamniden-Gattung *Cytocladus*, nur daß hier die aus dem Centrum verdrängte Centralkapsel in der Einzahl erhalten bleibt, aber dafür durch lange, dichotomisch verzweigte Fortsätze mit

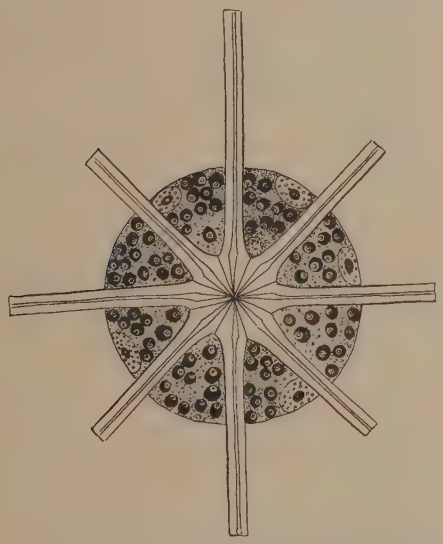


Fig. 121. Centralkapsel von *Acanthometra Claparadei* mit zahlreichen Kernen. Nach R. Hertwig, 1879, Taf. I, Fig. 5.

Fig. 122. *Astracantha paradoxa* n. sp.

den verschiedenen Teilen der riesigen Weichkörpermasse in Fühlung tritt und so die Störung des Gleichgewichtszustandes beseitigt (Taf. LXXV).

Bei den monocystinen (einkapseligen) Aulacanthiden sind die Centralkapsel und das die Stachelbasen beherbergende Phäodium nebeneinander oder besser wohl übereinander gelagert, womit ein Uebergang zur monaxon-ungleichpoligen Gestalt angebahnt ist (Textfig. 120), während bei den dicystinen (zweikapseligen) Formen (*Aulographis pandora* u. a.) durch Verdoppelung der Centralkapseln und vielfach ausgeprägt dicentrische Anordnung der Radialstacheln eine bilaterale Symmetrie des ganzen Organismus herbeigeführt wird (Textfig. 123). Man könnte sagen, daß in beiden Fällen sowohl die Centralkapsel als auch das Skelett nachgegeben haben und daß eben wegen der Schwierigkeit, Centralkapsel und Skelett in der Weichkörpermitte zu vereinigen, auf den homaxonen Gleichgewichtszustand verzichtet und zu abgeleiteten Grundformen übergegangen wurde.

Wieder in anderer Weise ist bei den Cölodendriden (Cölodendriden HAECKEL + Cölographiden HAECKEL; Taf. LXVIII, Fig. 507 u. a.; Textfig. 124) ein Gleichgewichtszustand hergestellt worden. Im geraden Gegensatz zu den Astracanthiden und Thalassothamniden, bei welchen die Centralkapsel den Platz geräumt hat, behauptet sie bei den Cölodendriden ihre Stellung in der Weichkörpermitte, während die radialen Skelettelemente auf zwei seitlich gelegene Centren konzentriert sind (Textfig. 124). Diese Anordnungsweise muß gleichzeitig mehreren Anforderungen genügen: einmal muß dem Wachstum, der Teilungsfähigkeit und außerdem eventuellen periodischen Größenschwankungen der Centralkapsel Rechnung getragen werden; ferner sind die inneren Stachelenden so zu fixieren, daß bei äußeren Stoßwirkungen die Centralkapsel nicht beschädigt wird, und daß überhaupt keine wesentlichen und unausgleichbaren Deformationen der ganzen Organisation eintreten können; und schließlich muß auch hier wieder dem Prinzip der Material- und Gewichtsersparnis genügt werden.

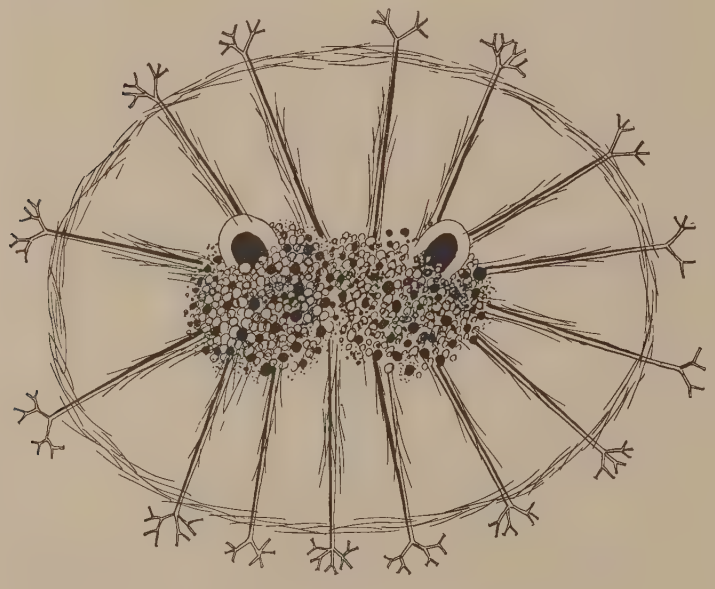


Fig. 123. *Auloceros arborescens dichodendrum.*

Schon bei den am einfachsten gebauten, sphärischen *Coelodendrum*-Arten sehen wir alle diese Forderungen in vollkommener Weise erfüllt. Die central gelegene Centralkapsel ist hier, wie bei allen anderen Cölodendriden sens. lat. (vergl. Textfig. 124) unmittelbar eingeschlossen von der inneren Schale, welche aus zwei dünnwandigen, hemisphärischen Klappen besteht. Jede Halbschale trägt einen schmalen, hohlen, quer zur Hauptachse der Centralkapsel gelegenen Wulst oder Bügel, die einfachste Form einer „Galea“ (Textfig. 125). Dieser Bügel ist in der Mitte am höchsten und besitzt eine steilere, gegen die Astropyle der Centralkapsel gerichtete (orale) und eine flachere (aborale) Abdachung. An der Basis der Aboralfläche findet sich fast stets

eine Reihe kleiner, dicht über der Schalenklappe gelegener, arkadenähnlich angeordneter Fensteröffnungen, an der Basis der Oralfläche dagegen meistens eine einzige große und weite Thorbildung, die „Nasenöffnung“ (Textfig. 125 *nö*). Die so beschaffenen Galeae dienen bei unseren sphärischen Formen als Postamente für die annähernd gleich stark entwickelten und im allgemeinen paarweise in zwei aufeinander senkrechten Ebenen angeordneten Dendriten, d. h. die hohlen, dichotomisch verästelten, die äußere Sarkodehaut tragenden Radialstacheln (1 Nasal- *(n)*, 1 Postnasal- *(pn)*, 2 Hauptseitendendriten *(hs)*). Es läßt sich ohne weiteres erkennen, daß der Bau der Schalenaufsätze selber und die Anordnung der radialen Skelettelemente eine derartige ist, daß „sämtliche von letzteren auf die Schalenklappe ausgeübten Druckwirkungen, mit Ausnahme der in die Apicalachse fallenden, sich gegenseitig aufheben“ (1907, S. 144). Offenbar hat diese Druckverteilung den Zweck, daß bei einer wechselnden Vergrößerung und Verkleinerung des Centralkapselvolumens das Auseinanderweichen und Zusammentreten der inneren Schalenklappen stets in der Richtung der Apicalachse, d. h. in der die Apices der Galeae verbindenden Richtung, vor sich geht. Es wird damit vermieden, daß die Schalenklappen auf der Centralkapsel gleiten, sich mit ihren Rändern übereinander schieben oder die Oeffnungen der Centralkapsel dauernd verdecken können. Ferner wird durch die Galeae der von den Radialstacheln übermittelte Druck derart verteilt, daß eine Beschädigung der Centralkapsel durch die inneren Stachelenden verhindert wird, und endlich ist auch die Konstruktion der hohlen Schalenaufsätze und der Radialstacheln selber eine derartige, daß dem Prinzip der Material- und Gewichtsersparnis Genüge geleistet wird.

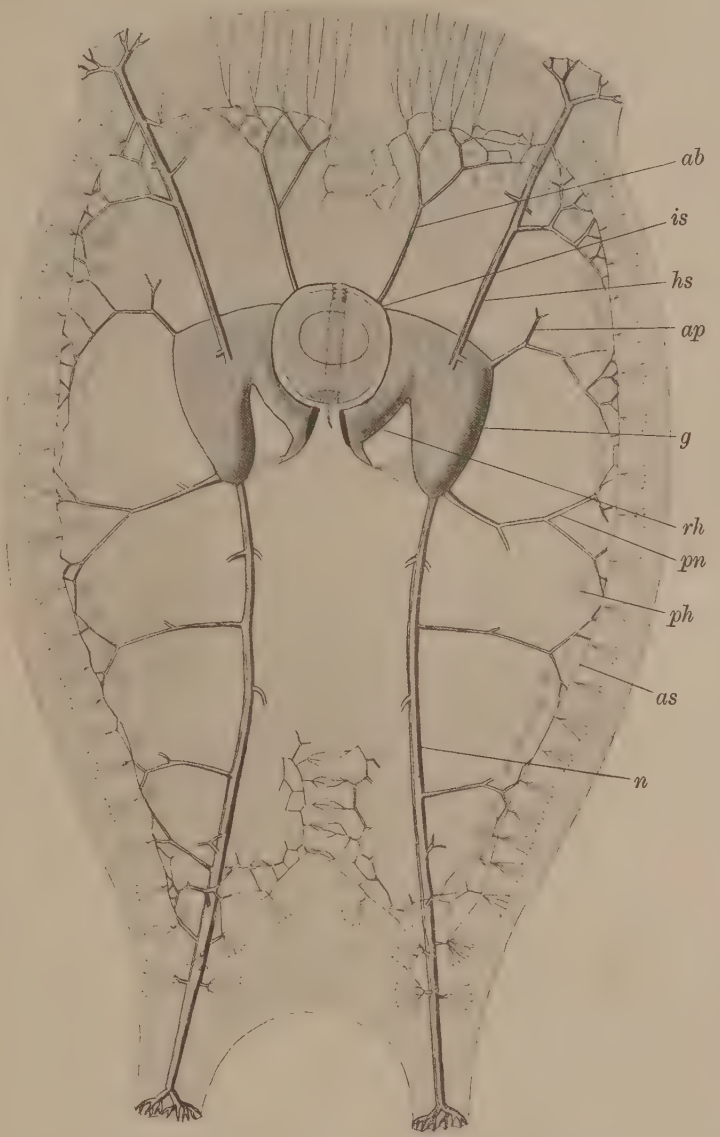


Fig. 124. *Coelographis antarctica* n. sp. Ansicht vom Schalenspalt aus. *ab* Aboraldendrit. *is* innere Schale. *hs* Hauptseitengriffel. *ap* Apicaldendrit. *g* Galea. *rh* Rhinocanna. *pn* Postnasaldendrit. *ph* Phäodellen. *as* äußere Gitterschale. *n* Nasalgriffel.

Eine Weiterentwickelung des einfachen wulst- oder bügelförmigen Galeatypus ist bei denjenigen Formen zu verfolgen, welche die sphärische Gestalt aufgegeben haben. Welche äußeren Faktoren sowohl bei den Cölodendriden (sens. lat.), wie bei anderen Tripyleengruppen derartige Abweichungen von der Kugelform herbeiführen, soll in einem späteren Kapitel gezeigt werden, hier sei nur erwähnt, daß speciell bei ersteren teils pyramidenähnliche, teils beil- oder schmetterlingsförmige Weichkörperumrisse zu stande kommen und daß damit eine ungleich mächtige Entwickelung der vier primären Dendriten im Zusammenhang steht. So sehen wir z. B. bei *Coelodendrum flabellatum* (Textfig. 126) den Postnasaldendriten *(pn)* besonders stark entfaltet, während der Nasaldendrit *(n)* und die beiden Hauptseitendendriten *(hs)* eine schwächere Ausbildung aufweisen. Mit dieser ungleichen Differenzierung der wichtigsten radialen Skelettelemente hängt aber eine Umformung der Galea zusammen: ebenso wie bei anderen Tripyleengruppen die Radialstacheln sich nicht direkt auf der Gitterschale erheben, sondern im Interesse der Druckverteilung entweder auf zeltförmigen Aufsätzen (S. 485, Textfig. 109ff.) oder auf kegelförmigen Ausstülpungen der Schale (Textfig. 127) eingepflanzt sind, so sind auch bei den Cölodendriden diejenigen Teile der Galea, welchen die am stärksten entwickelten Radialelemente aufsitzen, kegel- oder schuppenförmig ausgezogen, so daß

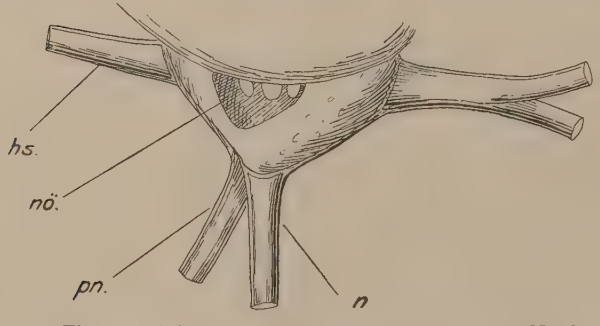


Fig. 125. Galea von *Coelodendrum ramosissimum*. *n* Nasaldendrit. *pn* Postnasaldendrit. *hs* Hauptseitendendriten. *nö* Nasenöffnung.

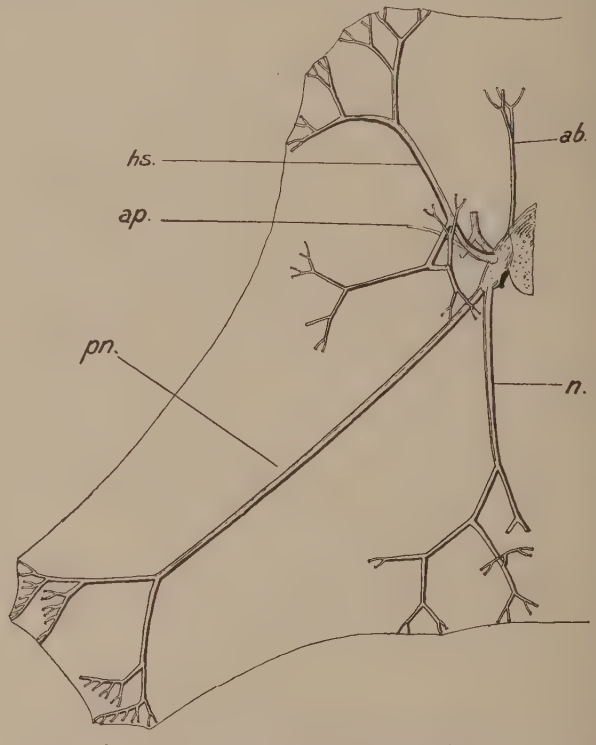


Fig. 126. *Coelodendrum flabellatum*. Halbes Skelett. *n*, *pn*, *hs*, *ap*, *ab* Nasal-, Postnasal-, Hauptseiten-, Apical- und Aboraldendrit.

also die Gestalt der Galea durch die Zahl und das gegenseitige Größenverhältnis der besonders differenzierten Radialstacheln bestimmt wird. Speciell bei unserem *Coelodendrum flabellatum* ist die Galea entsprechend der bedeutenden Verlängerung des Postnasaldendriten nach der Oralseite zu schuppenförmig ausgezogen, bei anderen Formen bedingen auch die Hauptseitendendriten (Taf. LXVI, Fig. 496) oder sogar Skelettelemente mehr sekundärer Art, wie der Aboraldendrit (Taf. LXX, Fig. 520 *ab*), kegelförmige Vorwölbungen der Galea und dementsprechend eine Veränderung ihrer Gesamtgestalt. Bezüglich weiterer Einzelheiten sei auf den speciellen Teil (S. 351ff.) hingewiesen, hier möge nur noch eine merkwürdige Differenzierung kurz besprochen werden, welche mit den Um-

bildungen der Galea im Zusammenhang steht, nämlich die Entstehung des Nasenrohres oder der Rhinocanna. Schon bei den einfacher gebauten, sphärischen *Coelodendrum*-Arten ist, wie wir gesehen haben, die orale Abdachung der Galea durch eine größere Oeffnung durchbrochen, welche den Innenraum der Galea in den Bereich der im Weichkörper sich abspielenden Cirkulations- und Stoffumsetzungsprozesse bringt (Textfig. 125). In dem Maße nun, wie mit ungleicher und zum Teil excessiver Entwickelung der radiären Skelettelemente die Galea eine mächtigere Ausdehnung erlangt, macht sich das Bedürfnis immer mehr geltend, den größer werdenden Innenraum in mehr regelmäßiger Weise auszunützen und durch Erweiterung jener Nasenöffnung dem Säftestrom besser zugänglich zu machen. Die mit der Nasenbildung verbundene Schwächung der oralen Galeawandung wird dabei zunächst kompensiert durch Differenzierung eines wulst- oder krempenartigen Thorbogens, mit dessen Rand die Stirnfläche der Galea durch ein paar dünne Spangen oder Streben verbunden ist. Dies ist z. B. bei *Coelodecas pumilio* (Textfig. 128) und bei *Coelotetraceras* (Taf. LXVII, Fig. 499) der Fall. Auf einer höheren Organisationsstufe stehen zahlreiche andere Formen, bei welchen die amboßförmige, sehr geräumige Galea zu einem regelmäßigen Depot für die Phäodellen oder, wie wir auch sagen können, zu einer wirklichen Verdauungshöhle geworden ist. An Stelle des weiten, von der Astropyle beträchtlich entfernten Thorbogens ist hier ein enges Nasenrohr, eine eigentliche Rhinocanna, getreten, durch welche die Galea direkt mit der Astropylengegend, d. h. mit der Stelle, wo Nahrungspartikel und Kernsekrete zusammenstoßen, verbunden wird (S. 499, Textfig. 124 *rh*). Dadurch wird erstens eine bestimmt gerichtete Regulation des Säftestroms erreicht; sodann wird durch diese Einrichtung die Wandung der Galea in geringerem Grade geschwächt als durch das Vorhandensein eines weit offenen Thorbogens, und endlich erhält der amboßartig vorgezogene,

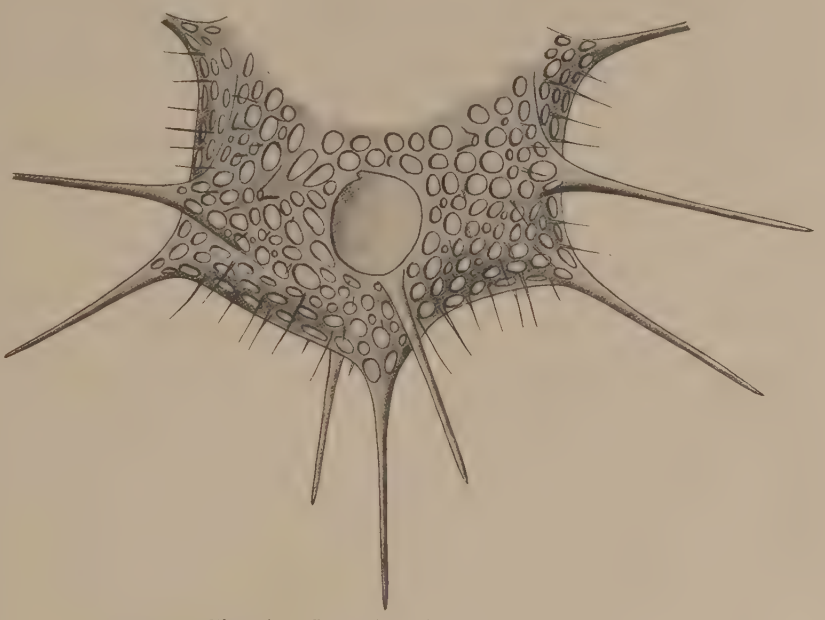


Fig. 127. *Castanidium Moseleyi circoporoides.*

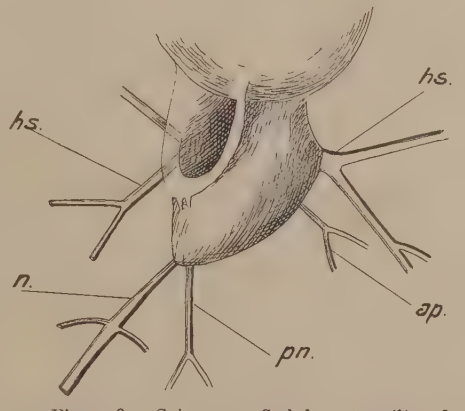


Fig. 128. Galea von *Coelodecas pumilis*. *hs* Hauptseitengriffel. *ap* Apicaldendrit. *pn* Postnasaldendrit. *n* Nasalgriffel.

orale Abschnitt der Galea in Gestalt der Kieselbrücken (Frenula), welche von dem krempenförmig aufgewulsteten Oeffnungsrand der Rhinocanna zur Stirnfläche der Galea hinziehen, accessorische Stützen.

Während also bei den sphärischen Cölodendriden die Galea noch ausschließlich die Funktion eines Postamentes hat, welches gewisse Nebenwirkungen der centralen Stellung der Centralkapsel und der dicentrischen Anordnung der Radialstacheln auszugleichen im stande ist, ist speciell bei den Cölotholinen, Cölothyrsinen und Cöloplegminen zu der Hauptfunktion eine Nebenfunktion ernährungsphysiologischer Art hinzugekommen, und zwar stellt die Galea der letztgenannten Formen in jedem ihrer einzelnen Teile einen Kompromiß zwischen den beiden Funktionen dar.

Schwebeapparate.

Die meisten bisher besprochenen Formen, insbesondere die Mehrzahl der Aulacanthiden, besitzen eine große Zahl gleich langer Radialstacheln. Die von ihren Terminalbildungen getragene Außenhaut kann allerdings zwischen den einzelnen Spathillen kleine facettenartige Einbuchtungen bilden (Textfig. 106 u. a.), aber im großen ganzen zeigt doch der Weichkörper eine gleichmäßig gekrümmte Oberfläche und dementsprechend eine einfache, kugelige, ellipsoidische oder höchstens ei- oder birnförmige Gestalt. Besondere Apophysen, welche die Oberfläche vergrößern und damit den Formwiderstand und die Schwebefähigkeit erhöhen, sind nicht vorhanden: der Körper wird allein durch das geringere specifische Gewicht bestimmter Teile, insbesondere wohl der Calymmahülle und der Alveolen, schwebend erhalten.

Als Schulbeispiele für diesen Typus können einerseits *Aulographonium bicorne* (S. 483, Textfig. 106) mit seinen kandelaberartig, und *Auloscena verticillus* mit ihren fontänenartig angeordneten Terminalkronen (S. 485, Textfig. 109, 110), andererseits die kleinen, rundlichen *Coelodendrum*-Arten mit ihren regelmäßig gablig verzweigten, spathillenbewehrten Radialstacheln (Taf. LXIII, Fig. 488) gelten. Erstere beide Formen repräsentieren in ausgeprägter Weise den Doldentypus, letztere sind Vertreter des dichotomischen Typus.

Diesen einfacher gebauten Formen stehen nun fast in jeder Radiolariengruppe solche gegenüber, bei welchen der Körper im Interesse eines erhöhten Formwiderstandes und Schwebevermögens ein komplizierteres Oberflächenrelief aufweist. Ein solches kann entweder dadurch zu stande kommen, daß die immer noch in großer Zahl vorhandenen Radialstacheln gleichsinnige strukturelle Abänderungen gegenüber dem Dolden- oder dichotomischen Typus aufweisen, oder dadurch, daß die Zahl der radiären Skelettelemente wesentlich reduziert, ihre Länge aber in excessiver Weise ausgebildet ist.

Die erste Entwickelungsrichtung findet sich bei denjenigen Aulacanthiden, Aulosphäriden und Sagosphäriden, bei welchen die Radialstacheln nicht mit flach ausgebreiteten Terminalkronen versehen sind, sondern zahlreiche, bald unregelmäßig verteilte, bald in regelmäßigen Quirlen übereinander gestellte Aestchen tragen. Es kommt auf diese Weise das Bild einer Aehre, Traube oder Rispe zu stande, weshalb dieser Typus als monopodialer oder Aehren-Typus bezeichnet werden möge. Durch eine derartige Anordnung der Skelettverzweigungen wird bedingt, daß die Oberflächenhaut nicht, wie dies beim Dolden- und dichotomischen Typus der Fall ist,

durch eine sehr große Zahl annähernd auf gleichem Niveau befindlicher Stützpunkte (die Enden der Terminaläste) ausgespannt gehalten wird, sondern zwischen den benachbarten Radialstacheln tiefe Einbuchtungen aufweist (Textfig. 129) oder sich scheidenartig um die einzelnen quirltragenden Radialstacheln herumlegt (Textfig. 130). In Bezug auf die Verteilung der Aestchen können verschiedene Modifikationen auftreten:

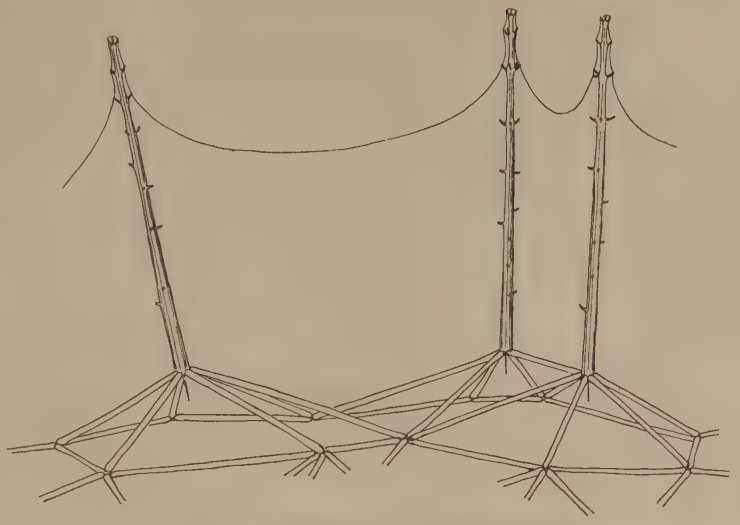


Fig. 129. Pyramiden von *Auloscena pelagica*.

Der unregelmäßige Aehrentypus, bei welchem die meist mit kleinen Knöpfchen endenden Aestchen nicht quirlförmig gruppiert, sondern einzeln zerstreut oder höchstens paarweise angeordnet sind, findet sich z. B. bei dem bipolaren *Aulastrum spinosum* (Textfig. 131). Da im konservierten Material der Weichkörper der einzelnen Exemplare in sehr verschiedenem Grade eingebuchtet ist, so darf wohl angenommen werden, daß im lebenden Zustand, je nach dem wechselnden

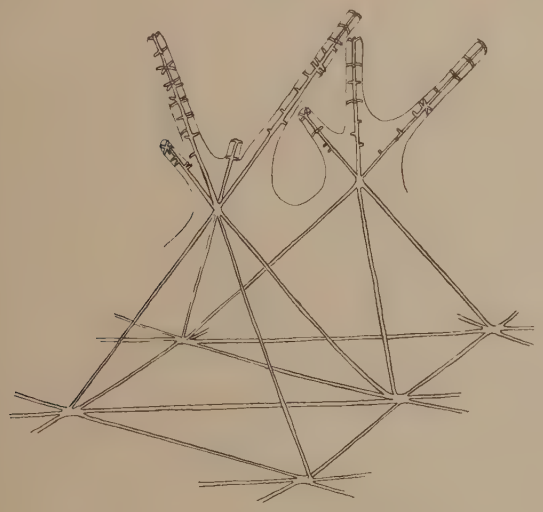


Fig. 130. Zwei Zelte von *Sagoscena elegans*.

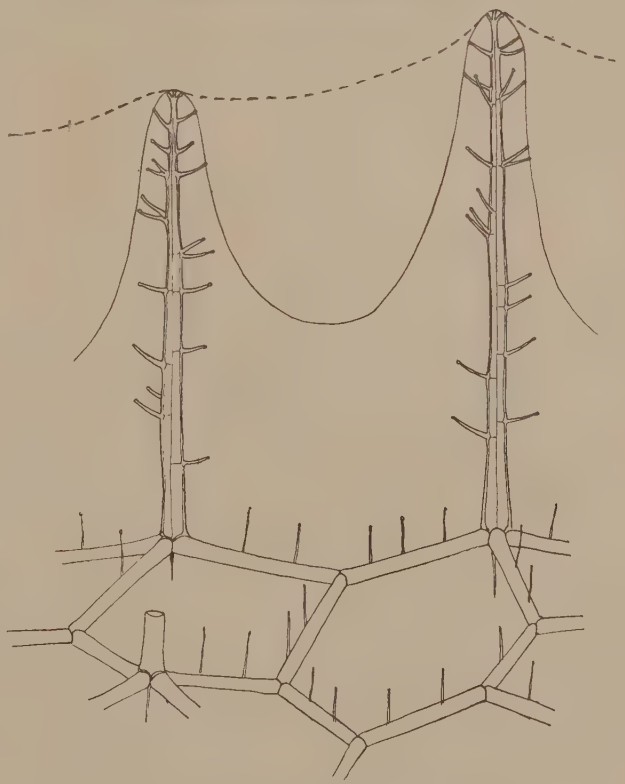


Fig. 131. Skelett von *Aulastrum spinosum*.

Gallertvolumen und physiologischen Gesamtzustand des Tieres, die äußere Sarkodehaut sich bald ziemlich gleichmäßig über die Enden der Radialstacheln herüberspannt (Textfig. 131,

punktierte Linie), bald tiefe Einbuchtungen zeigt und sich einer geringeren oder größeren Anzahl von Astknöpfchen anlegt.

Der regelmäßige Aehrentypus mit quirlförmig angeordneten Aesten und mit ausgeprägt scheidenförmigen Weichkörperfortsätzen tritt besonders schön bei der von HAECKEL und HERTWIG in Messina beobachteten, die Oberflächenschichten bewohnenden *Aulosphaera elegantissima* hervor (Textfig. 132). Schon die nach dem lebenden Tier gezeichnete Abbildung R. HERTWIG's

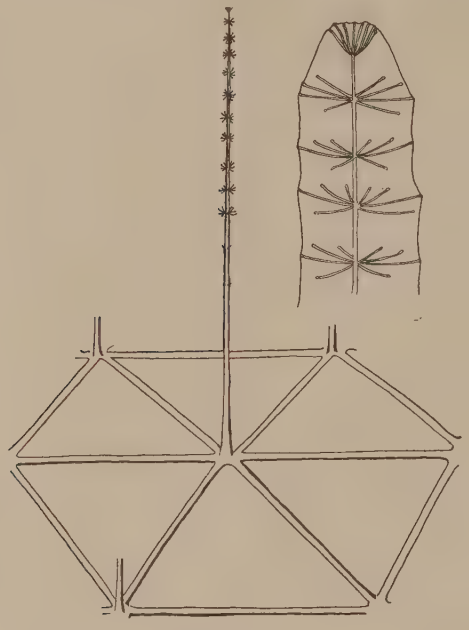


Fig. 132.

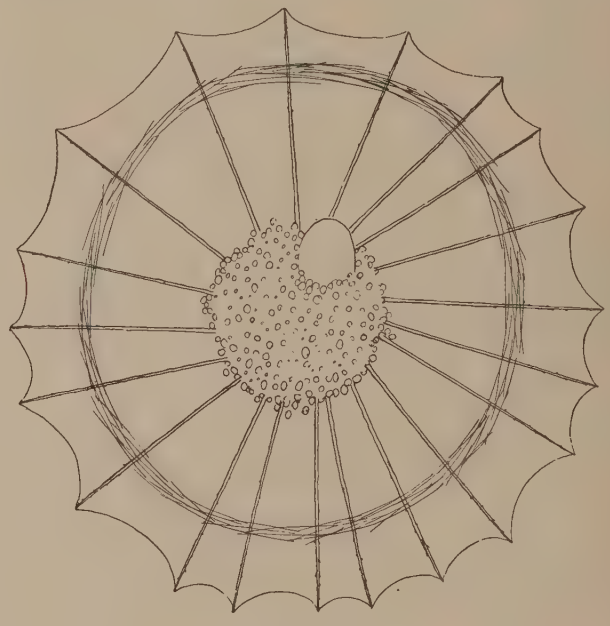


Fig. 135.

Fig. 133.

Fig. 134.

Fig. 132. Radialstachel von *Aulosphaera elegantissima.* Daneben das Stachelende vergrößert.

Fig. 133. *Aulacantha scolymantha typica.* (Die Figg. 133—135 sind bei gleicher Vergrößerung gezeichnet.)

Fig. 134. *Aulacantha scolymantha typica* mit vier Centralkapseln.

Fig. 135. *Aulacantha scolymantha bathybia.*

(S. 482, Textfig. 104) läßt sehr deutlich erkennen, wie die äußeren quirltragenden Stachelabschnitte scheidenartig vom Weichkörper umhüllt werden und wie von der Oberfläche dieser Scheiden die Pseudopodien ausstrahlen. Auch bei einigen in der Antarktis gefischten Exemplaren der „Gauß"-Ausbeute, welche nur durch die größere Zahl der Astquirle von der mediterranen Form unterschieden waren (vergl. 1904 a, S. 640; 1905, S. 346), ließen sich noch im konservierten Zustand deutlich die scheidenförmigen Uebergänge erkennen.

Eine kurze Besprechung verdient noch die bekannteste Tripyleenart, die *Aulacantha scolymantha.* Bei den im Golf von Neapel gefischten Exemplaren der mediterranen Zwergform *(Aul. sc. typica)* ragen, wenn die Tiere in die Hände des Beobachters gelangen, die äußeren Stachelteile scheinbar nackt über die Oberfläche des Weichkörpers hervor, und dementsprechend

sind denn auch die Aulacanthen in früheren Darstellungen abgebildet (vergl. Textfig. 133). Im „Valdivia"-Material stieß ich ebenfalls auf derartige Zustände, aber daneben fand ich eine größere Anzahl von wohlkonservierten Exemplaren, bei denen sich eine deutliche, baldachinartig von den Stacheln getragene Sarkodehaut nachweisen ließ, die Stachelspitzen also vollständig vom Weichkörper eingeschlossen waren. Es handelte sich teils um mehrkapselige Exemplare der Zwergform (Textfig. 134), teils um die große tiefenbewohnende *Aulacantha scolymantha bathybia* (Textfig. 135). Diese Befunde veranlaßten mich im Frühjahr 1905, in Neapel eine genauere Untersuchung der dortigen Aulacanthen nochmals vorzunehmen, und ich konnte nun in der That bei Lebendfärbung mit Methylenblau oder Neutralrot bei einzelnen Exemplaren zarte, plasmatische körnchenführende Stachelscheiden nachweisen, welche ganz wie bei *Aulosphaera elegantissima* die dornartigen Stacheläste eben noch bedecken. So lag denn die Annahme nahe, daß der nackte Zustand, in welchem die Aulacanthen den früheren Forschern zu Gesicht gekommen sind, kein ganz natürlicher ist, daß vielmehr die Stacheln unter normalen Lebensbedingungen sei es in der einen, sei es in der anderen der von mir beobachteten Formen stets von Weichkörperteilen bedeckt sind.

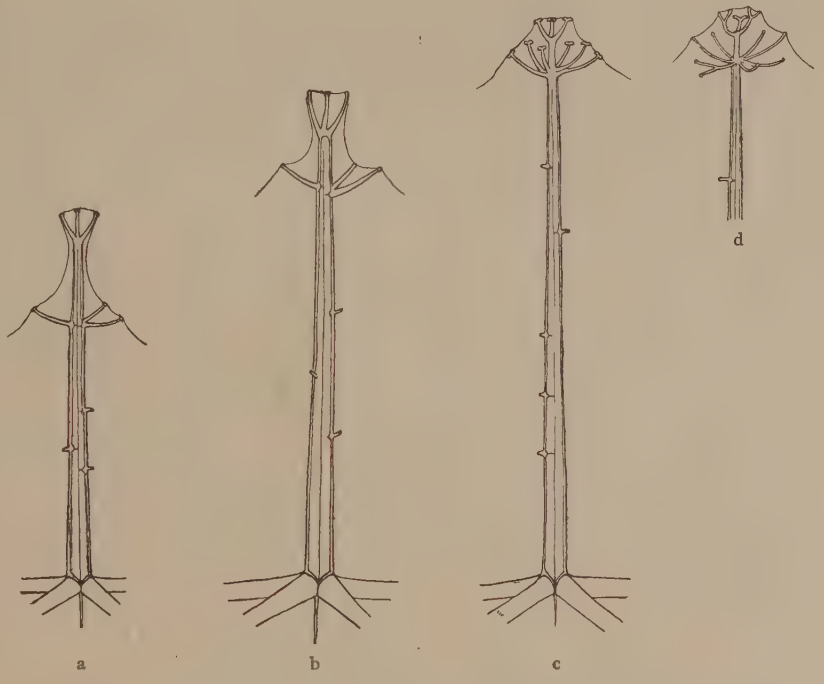


Fig. 136. Stachelvarianten von *Aulosphaera bisternaria*. a modifizierter Aehrentypus. b typische Form, beide aus warmen Meeresgebieten. c, d modifizierter Doldentypus aus der Antarktis.

Speciell zwischen dem Dolden- und Aehrentypus bestehen selbstverständlich alle möglichen Uebergänge. So kann bei Formen mit nur zwei Astquirlen, wie z. B. bei *Aulosphaera bisternaria* (Textfig. 136 b), bald ein modifizierter Doldentypus (Textfig. 136 c—d), bald ein Aehrentypus einfacherer Art (Textfig. 136 a) zu stande kommen, je nachdem der subterminale Astquirl dicht unter den terminalen heranrückt oder weit von ihm abliegt und je nachdem eine starke Vermehrung der Aeste oder eine Reduktion der Astzahl eintritt. Auch können innerhalb solcher Gruppen, bei denen die Stacheln den Doldentypus in regelmäßiger und besonders ausgeprägter Weise zeigen, auf Grund eines vielleicht sekundären Entwickelungsganges Bildungen zu stande kommen, welche in funktioneller Hinsicht dem Aehrentypus gleichwertig sind. Dies ist z. B. bei der Aulacanthidengattung *Aulographonium* der Fall, innerhalb welcher einige Arten,

z. B. *Aulographonium antarcticum* (Textfig. 137), den Doldentypus in geradezu excessiver Weise entwickelt haben, während bei anderen, z. B. *Aul. mediterraneum* (Textfig. 138), die Dolde auf einen centralen und einige wenige (meist nur vier) seitliche Aeste beschränkt ist und so eine Annäherung an den Aehrentypus erfährt. Durch die starke Verlängerung des centralen Astes und die dadurch bewirkte fingerförmige Vortreibung des Weichkörpers wird offenbar auch hier eine beträchtliche Oberflächenvergrößerung herbeigeführt. Auch in der Gattung *Aulospathis* finden sich neben zweietagigen Dolden oder Trugdolden (*Aulosp. triodon.* Taf. VII, Fig. 78, 79) und echten Aehren (*Aulosp. aulodendroides,* Fig. 71) Stachelstrukturen, welche genau derjenigen von *Aulographonium mediterraneum* entsprechen (*Aulosp. monodon,* Fig. 80).

Fig. 137. *Aulographonium antarcticum* n. sp. Excessiver Doldentypus.

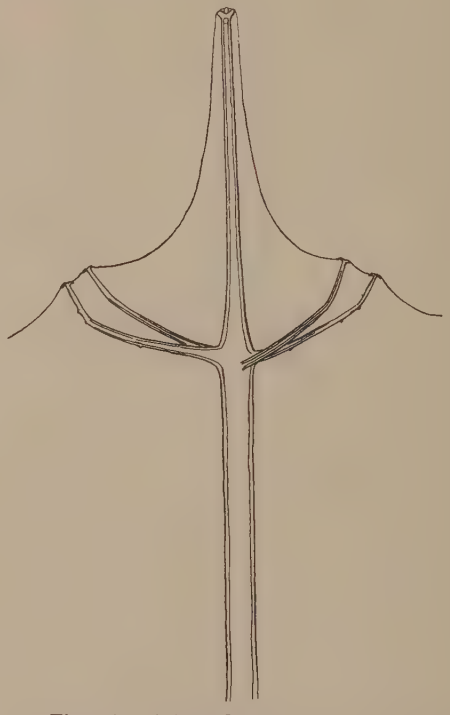


Fig. 138. *Aulographonium mediterraneum* var. Annäherung an den Aehrentypus.

Den bisher besprochenen Verzweigungsformen steht eine weitere Modifikation der Radialstacheln gegenüber, die als Griffeltypus unterschieden werden mag. Die radiären Skelettelemente schlagen in diesem Falle eine verschieden mächtige Entwickelung ein, und zwar wachsen wenigstens einige von ihnen zu langgestreckten, mit Anhängen verschiedener Art ausgestatteten Apophysen aus, welche in erster Linie die Bedeutung von Schwebeapparaten haben dürften (die „Füße" der Tuscaroriden, die „styles" oder „Griffel" der Cölographiden). Bei denjenigen Familien, welche bisher hauptsächlich unseren Gegenstand gebildet haben, bei den Aulacanthiden, Aulosphäriden

und Sagosphäriden, ist diese Entwickelungsrichtung nirgends eingeschlagen worden, höchstens kann angeführt werden, daß einige ei- oder birnförmige Aulosphäriden an den beiden Polen und an den Seitenwandungen eine ungleich starke Entfaltung der Radialstacheln aufweisen, ohne daß jedoch eine Verringerung ihrer Zahl und ein excessives Hervortreten einzelner Elemente wahrzunehmen wäre (vergl. Taf. XI, Fig. 110, 111). Dagegen zeigen die drei Gruppen der Phäocalpien, Phäogromien und Phäodendrien das Gemeinsame, daß mit zunehmender Entfernung vom einfachen, vielstrahligen Grundtypus eine immer weiter gehende Differenzierung einzelner radiärer Skelettelemente und damit eine immer vollkommnere Ausbildung des Schwebeapparates hervortritt.

Was zunächst die Phäocalpien (Castanelliden, Circoporiden, Tuscaroriden) anbelangt, so wird die Entwickelung des Griffeltypus schon bei den vielstrahligen Castanelliden und Circoporiden vorbereitet. Am Anfang der Differenzierungsreihe, welche im übrigen in der Radiolariengruppe der Sphärellarien eine vollkommene Parallele findet, stehen solche Arten, deren kugelige oder der Eiform sich nähernde Gitterschale von einem dichten Mantel gleich langer und mäßig stark entwickelter Radialstacheln, sogenannter Nebendornen, bedeckt ist, von denen sich je einer in jedem Knotenpunkte des Gitterwerkes erhebt. Diese Formen, welche großenteils zur Gattung *Castanella* (Taf. XXXIV, Fig. 260—262) gehören, finden in den Sphärellariengattung *Acanthosphaera* ihr getreues Gegenstück (Taf. LXXXIII, Fig. 574). Mehr und mehr macht sich dann eine Differenzierung zwischen Hauptstacheln und Nebendornen bemerklich, ein Verhalten, welches die Gattungen *Castanissa* (Taf. XXXV, Fig. 267) und *Haeckeliana* (Taf. XX, Fig. 176, 177) und auf der anderen Seite die Sphärellariengattungen *Hexacontium* und *Heliodiscus* (Taf. LXXXIII, Fig. 576 und 580) zeigen. Wie dies gut konservierte Exemplare des „Valdivia"-Materials erkennen lassen, sind auch bei den Castanelliden (und wohl auch bei den Haeckelianen und Sphärellarien) die Radialstacheln in ihrer ganzen Länge vom Calymma eingeschlossen, und von ihren Spitzen wird die extrakalymmale Sarkodehaut baldachinartig getragen (Taf. XXXVI, Fig. 274). Zweifellos können auch bei diesen Formen Volumschwankungen eintreten und demgemäß facettenartige Einbuchtungen der Außenhaut gebildet werden, aber zu einer besonders wirksamen Oberflächenvergrößerung dürfte es wohl in allen diesen Fällen noch nicht kommen.

Während zunächst die Zahl der Hauptstacheln keine begrenzte ist und z. B. bei den Haeckelianen bis zu 55, bei der Gattung *Circostephanus* bis zu 40 betragen kann, wird sie bei anderen Phäocalpien, ähnlich wie bei den Sphärellarien, aus statischen Gründen und im Interesse der Materialersparnis mehr und mehr reduziert und gleichzeitig in bestimmter Weise normiert. Da nämlich nicht bloß die Anforderungen des statischen Gleichgewichtes, sondern auch die Funktion der Radialstacheln als Stützen und Druckfänger eine gleichmäßige Verteilung dieser Gebilde auf der zunächst kugeligen Schalenoberfläche bedingen, und da aus geometrischen Gründen eine solche Verteilung nur bei ganz bestimmten Zahlen möglich ist, so ist es eine natürliche Sache, daß schon bei mehreren Castanelliden (einzelne Exemplare von *Castanidium sol*, Taf. XXXVI, Fig. 273, und *C. Moseleyi circoporoides*, Taf. XXXIX, Fig. 293) die Zahl der Radialstacheln zunächst auf zwanzig, dann aber weiterhin, bei den höher differenzierten Circoporiden, auf zwölf und sechs fixiert wird (Taf. XXI, Fig. 179, 178; Taf. XX, Fig. 171—173). Die Schalen erhalten dann mehr und mehr die Form der verschiedenen regulären Polyëder.

Es läßt sich durch einen einfachen Versuch, auf welchen mich ein junger Maschineningenieur, Herr stud. R. KRAUSS, hingewiesen hat, zeigen, daß thatsächlich sternförmigen Körpern, deren Strahlen den Achsen von regulären Polyëdern entsprechen, in hohem Maße das Vermögen zukommt, einen einseitig wirkenden Druck auszuhalten und auszugleichen. Wenn man aus einer weichen, plastischen Masse, z. B. aus Brotteig, eine Kugel anfertigt, so wird diese, wenn sie gegen einen festen Gegenstand geworfen wird, eine Abplattung erfahren. Wenn man aber z. B. einen regelmäßig sechsstrahligen Körper aus der nämlichen Substanz mit aller Gewalt gegen den Boden schleudert, so wird er keine Abplattung oder sonstige Deformation aufweisen (1906 b, S. 37).

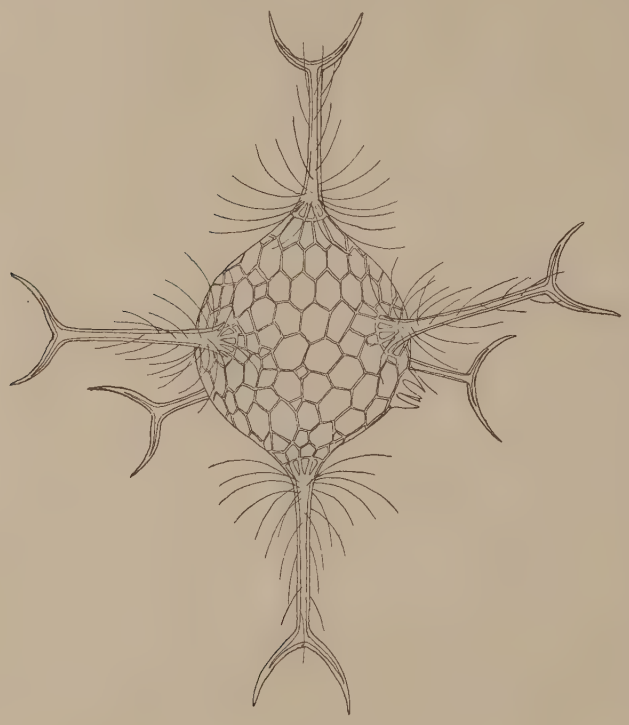


Fig. 139. *Circospathis sexfurca.*

Indem nun eine immer geringere Menge von Radialstacheln die stützende Funktion auf sich konzentriert, werden die Anforderungen an ihre Druckfestigkeit immer größere, und so sehen wir, wie sich die Schalenwandung im Umkreis der Radialstacheln mehr und mehr zu pyramidenförmigen Stachelsockeln auszieht, welche die nämliche Funktion als „Druckverteiler" besitzen, wie die Pyramiden und Zeltbildungen vieler Aulosphäriden und Sagosphäriden (vergl. *Castanidium Moseleyi,* S. 499, Textfig. 127). Die Aehnlichkeit der allgemeinen Strukturverhältnisse mit denjenigen der Aulosphäriden und Sagosphäriden wird aber dadurch noch größer, daß schon bei einigen Castanelliden (Taf. XXXV, Fig. 271 u. a.), insbesondere aber bei der Mehrzahl der Circoporiden (Taf. XX und XXI, sowie Textfig. 139) die Radialstacheln mit gabel- oder doldenförmigen Terminalbildungen ausgestattet werden. Wie die radiären Skelettelemente beispielsweise der *Auloscena*-Arten, so gliedern sich also auch hier die Radialstacheln in eine druckfangende Krone, einen druckleitenden Schaft und einen druckverteilenden Sockel.

Im bisherigen Entwickelungsgange geht mit der zunehmenden Differenzierung der Radialstacheln nur insofern eine Erhöhung des Schwebevermögens Hand in Hand, als augenscheinlich durch Verlängerung und Verstärkung der radiären Skelettelemente eine Vergrößerung der als hydrostatischer Apparat dienenden Calymmahülle ermöglicht wird. Nur bei den sechsstrahligen *Circoporus*-Arten (Taf. XX, Fig. 171—174; Textfig. 139) wird wahrscheinlich auch der ganze Weichkörper in sechs Fortsätze ausgezogen, so daß hier auch auf dem Wege der Oberflächenvergrößerung und der Vermehrung des Formwiderstandes die Schwebefähigkeit gesteigert wird.

Was bei den Circoporiden erst angebahnt ist, das ist bei der nahestehenden Gruppe der Tuscaroriden zur höchsten Vollendung gelangt. Die geringe Zahl, die ganze Struktur und vor

allem die außerordentliche Länge der Radialstacheln — bei *Tuscarantha Luciae* (Taf. XXVII, Fig. 207) sind sie mindestens 0,6, bei *Tuscaretta tubulosa* (Taf. XXIII, Fig. 181) mindestens 1,2 cm lang! — lassen es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die Zwischenräume zwischen den Radialstacheln nicht vollständig von Weichkörpermassen ausgefüllt sind, wie z. B. bei den Aulacanthiden oder Castanelliden, daß vielmehr die Stacheln nur von einem verhältnismäßig dünnen Sarkode- und Gallerteüberzug bedeckt sind und zusammen mit dem letzteren lange, frei ins Medium ragende, die Schwebefähigkeit erhöhende Apophysen bilden (Taf. XXII, Fig. 180).

In der That wurden auch in einzelnen Fällen Radialstacheln gefunden, welche von einer zarten, körnchenführenden Plasmascheide umgeben waren. Wenn dies nicht öfters der Fall gewesen ist, wenn vielmehr in der Mehrzahl der Fälle die Tuscarorenstacheln vollkommen nackt erscheinen, so hängt dies offenbar damit zusammen, daß die im Netz erbeuteten Tuscaroren, ähnlich den zartplasmatischen Aulosphäriden und Sagosphäriden, infolge der enormen Druckveränderungen und wohl auch infolge der mechanischen Insulte, denen sie beim Heraufziehen ausgesetzt sind, den größten Teil ihrer Weichkörperteile und damit auch die Stachelhüllen einbüßen.

Wenn nach dem Bisherigen den Radialstacheln der Tuscaroriden in erster Linie die Bedeutung von Schwebeapparaten zukommt, so haben sie sicherlich daneben auch die Aufgabe von Fangorganen übernommen. Die gelblichen Körnchen, welche innerhalb der Plasmascheiden auftreten, sind offenbar nichts anderes als Nahrungskörper pflanzlicher Abkunft (Algensporen oder Detritus), welche durch die Radialstacheln, mit oder ohne Hilfe von Pseudopodien, festgehalten worden sind und durch die in den Weichkörperscheiden cirkulierende Plasmaströmung dem Innenraum der Schale und dem Phäodium zugeführt werden.

Auch sonst können den Radialstacheln der Tuscaroren allerhand Nebenfunktionen zufallen. So halten die Oralstacheln von *Tuscarilla nationalis* zwischen ihren basalen Abschnitten eine Membran oder Sarkodefalte ausgespannt (Taf. XXII, Fig. 180), welche wohl nach Art einer Spannhaut oder eines Fallschirmes dazu beiträgt, das Schwebevermögen zu erhöhen. Ferner haben bei den koloniebildenden Formen die Seitenäste der Radialstacheln, welche sonst als kurze Dornen ausgebildet sind und offenbar den Plasmascheiden einen besseren Halt gewähren sollen, an den Basalteilen der Aboralstacheln die Gestalt von Häkchen und dienen dazu, die Einzelgehäuse in der gemeinsamen Gitterschale locker zu verankern (Taf. XXIII, Fig. 181).

Analoge Verhältnisse, wie die Tuscaroren, zeigen die größeren, hochspecialisierten Phäodendrien und Phäogromien, bei welchen auf Grund eines ähnlichen Differenzierungsprozesses, wie wir ihn bei den Phäocalpien im einzelnen verfolgt haben, mächtige, mit Büscheln von Ankerfädchen reich besetzte „Griffel“ zur Ausbildung gelangt sind (S. 482, Textfig. 103). Bei Betrachtung dieser Gebilde wird man zunächst geneigt sein, die Ansicht von Haeckel und Dreyer für richtig zu halten, wonach die Griffel in erster Linie die Aufgabe von Fangorganen haben und insbesondere den Ankerfädchen eine wichtige Rolle beim Festhalten der Nahrungskörper zukommt. Indessen hat schon Bütschli, wie bereits erwähnt wurde, gezeigt, daß bei der Gattung *Coelothamnus* das ganze Skelett, einschließlich der Terminalkronen und der Seitenbäumchen der Griffel, von der Gallerte und somit auch von der extrakalymmalen Sarkodehaut eingeschlossen ist, und ich selbst habe im „Valdivia“-Material zahlreiche

Hinweise darauf gefunden, daß die Beobachtung BÜTSCHLI's auch für die übrigen, mit langgestreckten Apophysen versehenen Phäodendrien Gültigkeit hat, daß also die Vermutung HAECKEL's nicht das Richtige trifft, wonach bei den Cölographiden die Terminalkronen und die „anchor pencils" über die Oberfläche des Calymmas hervorragen. Es sei hier insbesondere auf die Abbildungen von *Coelographis* (s. oben Textfig. 124; Taf. LXVII, Fig. 503), *Coelodiceras* (Taf. LXIV, Fig. 493) und *Coelanthemum* (Taf. LXVIII, Fig. 507) hingewiesen, welche sämtlich nach Exemplaren mit teilweise erhaltener extrakalymmaler Sarkodehaut angefertigt sind und erkennen lassen, daß die Ankerfädchen vollständig in die Weichkörperteile eingeschlossen sind, also nicht die Bedeutung von Fangapparaten haben können. Wenn aber letzteres nicht der Fall ist, so wird man sagen dürfen, daß auch bei diesen hochspezialisierten Phäodendrien die Griffel selber mit den von ihnen gestützten Weichkörperausstülpungen in erster Linie dazu dienen, die Oberfläche und damit den Formwiderstand zu vergrößern. Angesichts der bedeutenden Länge dieser Ausstülpungen — bei *Coelothyrsus cypripedium* (Taf. LXV, Fig. 494) sind die Griffel mindestens 7 mm lang — dürfte ihnen eine sehr beträchtliche Wirkung zuzuschreiben sein.

Was für die mit Griffeln ausgestatteten Phäodendrien anzunehmen ist, dürfte auch für jene Gruppe von wunderbar organisierten Tiefsee-Organismen Geltung haben, welche von ihren vermutlichen Stammformen, den einfacher gebauten Medusettiden, so weit abweichen, daß man für sie, nach dem Vorschlag BORGERT's, eine ganze Anzahl neuer Familien aufstellen könnte, nämlich die Gazelletten (Taf. LVI, Fig. 454), Planktonetten (Taf. LV, Fig. 446) und Atlanticellen (Taf. LX, Fig. 461). Speciell bei den zwei erstgenannten Gruppen sind die Radialstacheln in ganz ähnlicher Weise, wie die „Griffel" der Cölotholinen und Cölothyrsinen, mit Terminalkronen und mit Büscheln von Ankerfädchen ausgestattet, und wenn auch bei keinem meiner Exemplare der ganze Weichkörper erhalten war, so halte ich es doch nicht für zweifelhaft, daß auch bei diesen Formen die radialen Skelettelemente samt ihren terminalen und seitlichen Anhängen in futteralartigen Ausstülpungen des extrakapsulären Weichkörpers stecken (vergl. die Rekonstruktion in Textfig. 140). So wenig wie bei den Cannosphären und bei den Phäodendrien werden also hier die Ankerfädchen den heranschwimmenden Nahrungspartikelchen gewissermaßen entgegengestreckt, vielmehr handelt es sich offenbar bei den Radialstacheln und ihren Anhängen in erster Linie um einen Stützapparat für die der Oberflächenvergrößerung dienenden Weichkörperausstülpungen.

Wenn also auch die „Griffel" der Phäogromien und Phäodendrien nicht mittelst ihrer Ankerfädchen die Aufgabe von Fangapparaten erfüllen, so ist es doch natürlich, daß auch bei diesen Formen durch die bedeutende Vergrößerung der Weichkörperoberfläche, wie sie durch die Einrichtung von Schwebeapparaten bedingt ist, die Nahrungsaufnahme erleichtert wird. So spielen denn auch die Griffel, trotz der andersartigen Bedeutung der Ankerfädchen, gleichzeitig die Rolle von Fangorganen, sei es, daß von ihnen besonders starke und besonders weitreichende Pseudopodien ausstrahlen, oder daß sie einfach dazu dienen, nach Art von Leimruten, den von den Oberflächenschichten herabsinkenden Detritus festzuhalten.

Es sei hier zum Schluß noch eine besondere Differenzierung von *Planctonetta* erwähnt, welche ebenfalls in die Kategorie der (unveränderlichen) Schwebeapparate zu rechnen ist, nämlich die von FOWLER entdeckte und als Floß bezeichnete ellipsoidische Blase, welche mit ihrer kieseligen Wandung wahrscheinlich einen sehr dünnflüssigen, gallertigen Inhalt einschließt

und durch regelmäßig angeordnete Stützfäden teils mit der Schale, teils mit dem intraphäodialen Stützskelett verbunden ist (Textfig. 140 *f*).

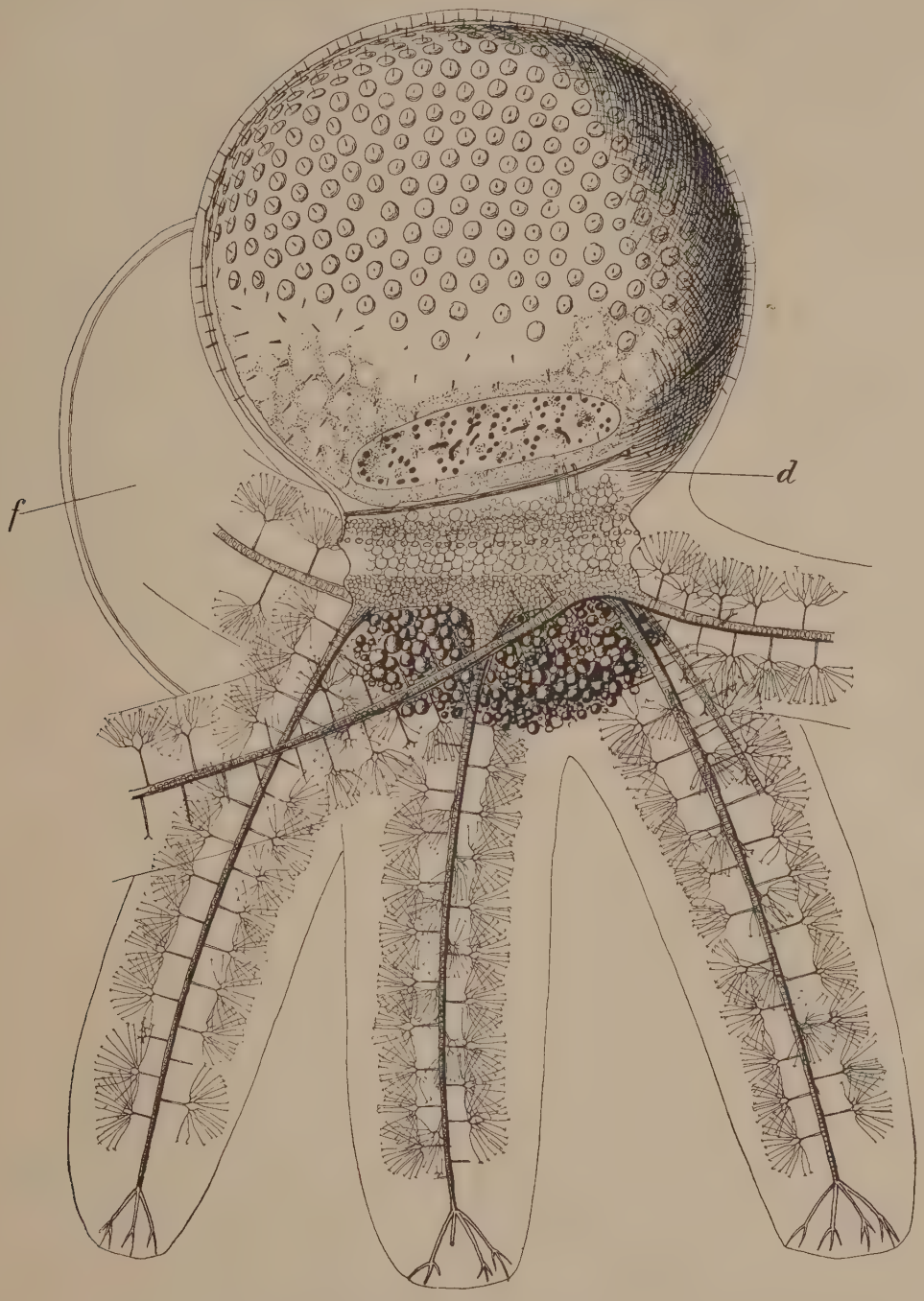


Fig. 140. *Planktoniella atlantica*. *d* Diaphragma. *f* Floß.

Sink- und Steigapparate.

a) Die Alveolen als Schwebeeinrichtungen.

Wie aus den Untersuchungen früherer Autoren und insbesondere BRANDT's (1897) hervorgeht, schweben speciell die Thalassicollen und die koloniebildenden Polycyttarien in der Weise, daß sie ihr specifisches Gewicht dem Meerwasser gleich machen. Da nun aber die Sarkodeteile schwerer als das Meerwasser sind, so muß ihr Gewicht durch andere Substanzen kompensiert werden, welche specifisch leichter als das letztere sind. Als solche Substanzen können nur die Gallerte und die als „Vakuolen" oder „Alveolen" bezeichneten Flüssigkeitstropfen in Betracht kommen. Was die Gallerte anbelangt, so ist diese nach den Untersuchungen BRANDT's sicher leichter als der Plasmakörper und, wenigstens bei jugendlichen Kolonien, auch noch leichter als das Seewasser, in anderen Fällen, so nach VERWORN bei *Thalassicolla*, ist sie jedoch schwerer als das Seewasser und dürfte also nicht das ganze, sondern nur einen Teil des Körpergewichtes kompensieren. Die Flüssigkeitstropfen dagegen sind wohl immer specifisch leichter als das Meerwasser und besitzen daher in erster Linie die Funktion eines Schwebeapparates. Nach BRANDT handelt es sich stets um Tropfen einer gallertigen Flüssigkeit, welche nicht von einer Membran umgeben und demnach nicht als Alveolen, sondern als echte Vakuolen im Sinne der älteren Autoren zu bezeichnen sind. Das geringe specifische Gewicht dieser Flüssigkeitstropfen beruht darauf, daß ein Teil der Seesalze durch Atmungskohlensäure ersetzt ist.

In terminologischer Hinsicht sei gleich hier hinzugefügt, daß die Unterscheidung zwischen membranumhüllten Alveolen und nackten Vakuolen infolge der Schwierigkeit der mikrohistologischen Untersuchung selbstverständlich nicht immer durchführbar ist und thatsächlich auch von den meisten neueren Autoren nicht festgehalten wird [1]). Ich selbst habe im Systematischen Teil dieser Arbeit die Gallerttröpfchen der intrakapsulären Sarkode der Tripyleen meist mit dem veralteten und im ganzen wenig sinnentsprechenden Namen „Vakuolen" bezeichnet und später bei der Beschreibung der großen Collodarien *(Thalassoxanthium, Thalassothamnus, Oroscena)* den mir zweckmäßiger erscheinenden Ausdruck „Alveolen" angewandt, ohne jedoch damit irgend einen Gegensatz aufstellen zu wollen. Es mag also ganz dahingestellt bleiben, ob die Sarkode um die Flüssigkeitströpfchen herum membranartig verdichtet ist, wie dies sicherlich für eine besondere Gruppe von Gallerttropfen, nämlich für die „häutigen Stachelanlagen" der Aulacanthiden und Aulosphäriden gilt (siehe III. Abschnitt), oder ob sie vollkommen nackt im Weichkörper liegen.

Wie bei den Collodarien und Polycyttarien, so dürften auch bei den Tripyleen die Gallerte und Alveolen die Bedeutung eines Schwebeapparates haben. Bei den meisten tiefenbewohnenden Formen ist allerdings über die Beschaffenheit und das gegenseitige Verhältnis der Gallerte und der extrakapsulären Alveolen nichts bekannt, dagegen sind speciell die intrakapsulären Alveolen auch im konservierten Material stets gut erhalten.

---

1) Auch in der Anatomie werden unter Alveolen bald mehr die Hohlräume allein (Alveolen der Zähne), bald die Hohlräume samt dem sie auskleidenden Epithel (Alveolen der Lungen) verstanden.

In einigen Fällen nun, z. B. bei den Planktonetten (Taf. LVII, Fig. 455; Textfig. 140), Nationaletten (Taf. LIV, Fig. 443) und Atlanticellen (Syst. Teil, S. 297, Textfig. 38), verschmelzen die intrakapsulären Alveolen auf der Parapylenseite der Centralkapsel zu einer mächtigen Gallertmasse, durch welche die Centralkapsel zu einer großen, dünnwandigen Blase aufgebläht wird. Wenn nun auch natürlich am toten Material ein strenger Beweis nicht geliefert werden kann, so dürfte es doch angesichts mancher naheliegender Parallelen und im Hinblick auf die zunehmende Reduktion, welche die sonst als Schwebeapparate dienenden Radialstacheln innerhalb obiger Formenreihe erfahren, kaum einem Zweifel unterliegen, daß in diesen Fällen die Centralkapsel selber, dank der mächtigen Entfaltung der specifisch leichten Alveolarsubstanz, die Funktion eines Schwebeapparates übernommen hat. Das Gleiche gilt wohl auch für die Astracanthiden (S. 495, Textfig. 122), bei welchen die Centralkapsel im Rücken des Kernes von einer großen, linsenförmigen Alveole ausgefüllt ist.

Wenn nun aber in diesen extremen Fällen die Ansammlungen von Alveolarsubstanz innerhalb der Centralkapsel als eine die Schwebfähigkeit erhöhende Einrichtung aufgefaßt werden müssen, so ist es sehr naheliegend, auch den zahlreichen, meist sehr großen und dicht gedrängten Alveolen, welche sich bei der Mehrzahl der Tripyleen innerhalb der intrakapsulären Sarkode vorfinden, die nämliche Aufgabe, wenn auch vielleicht in etwas geringerem Maße, zuzuschreiben. So bin ich denn zu der Auffassung gelangt, daß die intrakapsulären Alveolen der Tripyleen die Bedeutung haben, das specifische Gewicht der Centralkapsel und des ganzen Tieres überhaupt zu vermindern, und daß vielleicht die Nebenöffnungen der Centralkapsel, die Parapylen, über deren Funktion meines Wissens noch keine bestimmte Ansicht geäußert worden ist, die zeitweise Entleerung dieser Alveolen oder wenigstens bestimmter Substanzen derselben ermöglichen.

Aus der Annahme, daß die Centralkapsel dank dem Vorhandensein der intrakapsulären Alveolen ein verhältnismäßig geringeres Gewicht besitzt, als reine Sarkode, ist die weitere Folgerung abzuleiten, daß sie insbesondere leichter als der phäodiale Teil des Weichkörpers ist, dessen Inhalt ja großenteils aus leeren Diatomeenschalen und anderen Sinkstoffen besteht, und so kam ich denn zu bestimmten Vorstellungen bezüglich der räumlichen Orientierung derjenigen Formen, bei welchen die Centralkapseln einseitig innerhalb einer großenteils geschlossenen Schale gelegen sind, vor allem der Tuscaroren (Taf. XXII, Fig. 180), der Challengeriden (Taf. LI, Fig. 419) und Conchariden (Taf. LXI, Fig. 474). In teilweisem Gegensatz zu der von Haeckel, Borgert u. a. angenommenen Orientierung bin ich der Meinung, daß die durch ihre Alveolarsubstanz erleichterten Centralkapseln im allgemeinen oben, dagegen der durch den Algen- und Diatomeendetritus erschwerte phäodiale Teil und die diesem vorgelagerte Schalenöffnung (das Pylom) unten liegen, eine Auffassung, welche in manchen Strukturverhältnissen des Skelettes eine Stütze finden würde. Es möge hier bezüglich der Einzelheiten auf den Systematischen Abschnitt hingewiesen werden (S. 188, 248, 319).

Wie bereits im vorigen Kapitel gezeigt worden ist, wird das durch die Leichtigkeit des Gallertmantels und der Alveolensubstanz bewirkte Schwebvermögen bei vielen Formen durch eine Anzahl von besonderen Skelettstrukturen gesteigert. Das Skelett trägt also in diesen Fällen selber dazu bei, die Wirkung des vermehrten Uebergewichtes, welches der Körper eben durch die Entfaltung von Skelettsubstanz erhält, einigermaßen wieder auszugleichen.

b) Die Alveolen als Sink- und Steigapparate.

Die hydrostatischen Einrichtungen der Radiolarien bewirken, soweit sie bisher besprochen worden sind, ein Schweben des Körpers in einer bestimmten Wasserschicht. Nun kommt aber vermutlich allen Radiolarien[1]) die Fähigkeit einer vertikalen Ortsbewegung zu, und zwar beruht dieses Vermögen, wie vor allem BRANDT nachgewiesen hat, speciell bei den Collodarien und Polycyttarien auf einer Regulierbarkeit des hydrostatischen Apparates. „Mit äußerst geringem Aufwande an Kraft und Stoff", sagt BRANDT, „kann das Tier leicht eine Vergrößerung bezw. Verringerung seines specifischen Gewichtes herbeiführen. In den meisten Fällen wird ein Untersinken durch Entleerung einiger, vieler oder sämtlicher Vakuolen bewirkt, ein Wiederaufsteigen durch Herstellung des früheren Zustandes, d. h. durch Sekretion neuer Vakuolenflüssigkeit. Das Schwinden von Vakuolen bedingt eine Vermehrung, die Neubildung solcher Flüssigkeitsansammlungen eine Verminderung des specifischen Gewichtes. Das Untersinken geschieht unter natürlichen Verhältnissen auf Grund äußerer Reize (mechanischer bezw. thermischer), während die Herstellung des früheren Schwebeapparates und darauf das Wiederaufsteigen nach dem Aufhören des betreffenden Reizes erfolgt."

Ueber die erste Entstehung und Zusammensetzung der Alveolen, über die Frage, ob auch der andere Bestandteil des hydrostatischen Apparates, die Gallerte, bei der vertikalen Ortsbewegung Veränderungen eingeht, und über andere Einzelheiten verwandter Art ist zur Zeit nur wenig bekannt. Vor allem wissen wir noch nicht, inwieweit wir die Ergebnisse BRANDT's auch auf andere Radiolarien und speciell auf die Tripyleen übertragen dürfen, ob also auch bei diesen das Sinken und Steigen auf einer Volumverringerung bezw. Vermehrung der Alveolarsubstanz beruht. Zunächst stehen jedenfalls einer einfachen Uebertragung große Schwierigkeiten im Wege, insofern ja, wie ein Blick auf Textfig. 131 (S. 501) ohne weiteres zeigt, bei Formen mit strahlig angeordneten Radialstacheln jede Volumverminderung der Alveolen und damit des Weichkörpers mit einer Oberflächenvergrößerung des letzteren Hand in Hand geht. Es würden also dann zwei Faktoren einander entgegenwirken, nämlich einer, der die Senkung, und einer, der die Hebung oder wenigstens eine Erhöhung des Schwebevermögens herbeiführt, und Entsprechendes würde eintreten bei einer Volumvergrößerung und der damit verbundenen Glättung der Weichkörperoberfläche.

Wie diese Widersprüche zu erklären sind, ist zur Zeit nicht zu übersehen, und man wird höchstens vermuten dürfen, daß sich vielleicht die einzelnen Radiolariengruppen verschieden verhalten, indem von den beiden in Betracht kommenden Faktoren bald die durch Volumschwankungen bedingte Gewichtsveränderung, bald die Vermehrung und Verminderung des Formwiderstandes eine größere Rolle spielen kann (vergl. 1904 a, S. 618). Auf jeden Fall steht hier, wie schon BRANDT hervorhebt, der Forschung, insbesondere der chemischen und physikalischen Untersuchung noch ein weites Feld offen.

c) Accessorische Steig- und Sinkapparate.

Wenn nun auch speciell bei den Tripyleen über den aktiven Steig- und Sinkapparat keine bestimmten Aussagen gemacht werden können, so weist doch eine Reihe von

1) Ueber vertikale Wanderungen der Acanthometriden vergl. VANHÖFFEN (1897).

Umständen mit Bestimmtheit darauf hin, daß auch die Tripyleen vertikale Wanderungen, und zwar vermutlich in regelmäßiger Weise, ausführen. Ich erinnere nur an ihre Abhängigkeit vom Phytoplankton (s. II. Abschnitt), an ihr wechselndes Auftreten in den Oberflächenschichten des Mittelmeeres (Lobianco, Lohmann), an das scheinbar ausschließliche Vorkommen der Fortpflanzungsstadien der Challengeriden in tieferen Meeresschichten (Syst. Teil, S. 251). Bestehen aber solche vertikale Ortsbewegungen wirklich, so werden ohne weiteres zahlreiche Strukturverhältnisse verständlich, welche sonst nicht gedeutet werden könnten, die aber sofort eine einfache Erklärung finden, wenn man sie zur Vertikalbewegung in Beziehung bringt. Man wird also in diesen Fällen von accessorischen Steig- und Sinkapparaten sprechen dürfen.

Eine ganze Anzahl von Challengeriden besitzt eine der Hauptsache nach linsenförmige Schale, und zwar ist diese im lebenden Zustand zweifellos so orientiert, daß die Aequatorebene der Linse in die Richtung der Schwerkraft zu liegen kommt. Es geht dies mit Sicherheit daraus hervor, daß an einer Stelle des Linsenumfanges ein einseitig entwickelter Fortsatz, das Peristom, angebracht ist, welches aus statischen Gründen nur in der Richtung der Schwerkraft gelegen sein kann und damit also auch der Schale selbst jene Lage vorschreibt. Nun findet man aber, daß bei einer tiefenbewohnenden Form, *Challengeria Naresi*, der Rand der im ganzen linsenförmigen Schale sich kielförmig verjüngt (Textfig. 141) und daß bei einigen anderen Arten, z. B. *Challengeron armatum*, der Schalenrand mit einem Kranze radiär gerichteter Stacheln besetzt ist, welche zusammen mit der von ihnen getragenen Sarkodefalte ebenfalls eine Art von Kiel bilden (Textfig. 142). Ich möchte es für sehr wahrscheinlich halten, daß diese kielartigen Bildungen dazu bestimmt sind, bei vertikalen Ortsveränderungen den Wasserwiderstand besser zu überwinden, so wie ja bei vielen anderen wasserlebenden Organismen kiel- oder schiffsbugähnliche Bildungen diesem Zwecke dienen. Speciell bei *Heliochallengeron Channeri* bilden die peripheren Schalenteile einen scharf begrenzten, besonders grobwabigen Gürtel, welcher äußerlich an den Schwimmgürtel mancher Statoblasten erinnert, in funktioneller Hinsicht aber wohl als eine besonders versteifte Unterlage für die als Hauptdruckfänger dienenden Randstacheln anzusehen ist (Taf. LI, Fig. 413, 414).

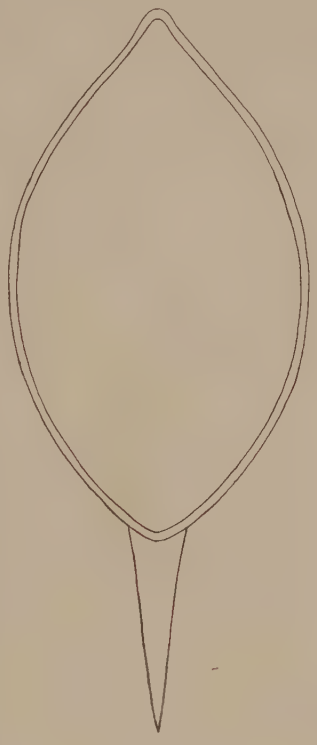


Fig. 141.

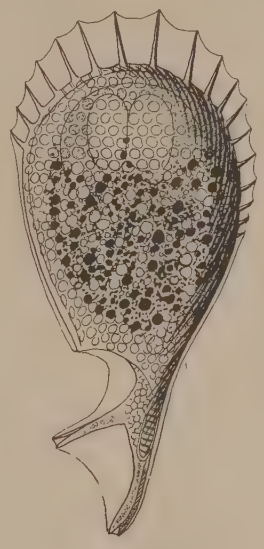


Fig. 142.

Fig. 141. *Challengeria Naresi.* Kantenansicht.

Fig. 142. *Challengeron armatum* mit Centralkapsel, Phäodium und kielförmiger Sarkodefalte.

Neben der *Challengeria Naresi* kommen in sehr großen Meerestiefen regelmäßig einige Conchariden aus der Gattung *Conchopsis* vor. Auch diese haben eine linsenförmige, am Rande

kielartig zugeschärfte Schale (Textfig. 143), und ich möchte es auch hier für wahrscheinlich halten, daß diese Kielbildung bei den vertikalen Ortsbewegungen eine wichtige Rolle spielt.

Gegen meine, schon früher (1905, S. 351 Anm.) geäußerte und im Systematischen Teil (S. 318) näher begründete Ansicht, daß speciell die linsenförmigen *Conchopsis*-Arten mindestens während der vertikalen Ortsveränderung mit ihrer Aequatorebene parallel zur Richtung der Schwerkraft eingestellt seien, hat sich, wie hier eingefügt werden soll, neuerdings BORGERT (1907, S. 227) gewandt. BORGERT glaubt, daß derartige platte Formen liegend, d. h. mit den Flächen nach oben und unten gerichtet, im Wasser schweben. Wenn nämlich wirklich ein Aufsteigen und Niedersinken in weiteren Grenzen stattfinde, so würde, wie BORGERT meint, bei der von mir angenommenen Orientierung „die geringste Verschiebung der senkrechten Achsenstellung eine seitliche Ablenkung der Bahn zur Folge haben und so immer wieder zu einer horizontalen Orientierung des flachen Körpers führen". Ferner sei anzunehmen, daß die flachen Conchariden, welche aller weiteren, als Schwebeapparate dienenden Fortsätze entbehren, diejenige Lage im Wasser einnehmen werden, bei welcher der Formwiderstand am größten sei und in der sie also am meisten vor dem Niedersinken bewahrt seien. Das sei aber ebenfalls wieder die horizontale, nicht die vertikale Stellung. Und endlich weist BORGERT darauf hin, daß flache, frei im Wasser untersinkende Körper, z. B. Geldstücke, trotz des hohen specifischen Gewichtes relativ langsam und zwar nie in rein vertikaler Lage der Kante untersinken.

Fig. 143. *Conchopsis* sp., Kantenansicht.

Auf diese Einwände von BORGERT, insbesondere auf den ersten und dritten, ist zu erwidern, daß die Orientierung frei schwebender, lebender Organismen nicht ausschließlich durch die Körperform selber, sondern vor allem durch die Gewichtsverhältnisse der inneren Organe, insbesondere durch die Anordnung besonderer hydrostatischer Apparate bedingt ist. Es sei nur daran erinnert, daß bekanntlich ein toter Fisch auf dem Rücken oder auf der Seite, ein lebender dagegen auf dem Bauche schwimmt. Bei den Tripyleen besitzt aber wahrscheinlich die Centralkapsel die Nebenfunktion eines hydrostatischen Apparates, und angesichts der excentrischen Lage, welche sie speciell bei den Conchariden aufweist, ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die von ihr eingenommenen Teile eine relativ hohe, die das Phäodium enthaltenden Abschnitte des Körpers eine relativ tiefe Stellung einnehmen. Unterstützt wird diese Auffassung durch die außerordentliche Aehnlichkeit, welche unsere *Conchopsis*-Arten hinsichtlich der allgemeinen Körperform mit der in den gleichen Tiefen vorkommenden *Challengeria Naresi* aufweisen: bei letzterer wird aber schwerlich durch irgend welche Gründe die Ansicht erschüttert werden können, daß der einseitig mit einer Peristombildung beschwerte Schalenäquator in der Schwerkraftrichtung liegen muß, und so wird man eine entsprechende Orientierung auch für die ähnlich gebauten *Conchopsis*-Arten anzunehmen haben. Für die geschwänzten Conchariden, insbesondere für *Conchidium caudatum* (Taf. LX, Fig. 467), giebt überdies auch BORGERT zu, daß sie wahrscheinlich im Wasser so orientiert seien, daß der Schalenspalt senkrecht zu liegen komme.

(Näheres über diese Verhältnisse ist im Systematischen Teil, S. 317 ff., zu ersehen.)

Wie bei den linsenförmigen Challengeriden und Conchariden, so scheinen mir auch bei den Tripyleen mit ei-, birn- oder ballenförmiger Schalengestalt die Form- und Struktur-

verhältnisse nicht bloß durch die Anforderungen der Statik, sondern auch durch das Steig- und Sinkvermögen bedingt zu sein. Was speciell die birn- und ballonförmigen Aulosphäriden und Sagosphäriden anbelangt (Taf. XVI, Fig. 152; Textfig. 144), so ist es zunächst wohl zweifellos, daß die Hauptachse dieser Formen normalerweise mit der Richtung der Schwerkraft zusammenfällt. Ob der stumpfe oder spitze Pol oben liegt, ist nicht so leicht zu entscheiden, indessen legt schon die äußere Aehnlichkeit mit den Metatrochophoren der Polychäten und mit manchen Ctenophoren die Ansicht nahe, daß der stumpfe Pol der obere ist, und ich kann zur Stütze dieser Ansicht anführen, daß ich in Neapel wiederholt Gelegenheit hatte, größere Mengen frisch gefangener Collozoen im Aquarium zu beobachten und dabei festzustellen, daß die, allerdings in Minderzahl befindlichen birnförmigen Individuen sich auf die Dauer stets mit dem stumpfen Pole nach oben einstellen (1905, S. 353). Wie dem aber auch sei, jedenfalls sind die beiden Pole diejenigen Punkte der Gitterschale, welche während der vertikalen Ortsveränderung besonderen Druckverhältnissen ausgesetzt sind, und zwar werden beim Steigen und Sinken jeweils die vorausgehenden Pole einen größeren Druck zu überwinden haben, als die seitlichen Partien der Wandung. Wohl im Zusammenhang damit findet man nun, daß bei manchen birnförmigen Aulosphäriden *(Aulosphaera bisternaria)* die Radialstacheln des stumpfen oder auch diejenigen beider Pole beträchtlich, bis zu 1 1/2 mal länger als die übrigen sind (Taf. XLV, Fig. 339), bei anderen, z. B. *Aulosphaera robusta* (Taf. XI, Fig. 110, 111), sind speciell die Stacheln des stumpfen Poles durch ihre pfostige, derbwandige Beschaffenheit ausgezeichnet. Als besonders instruktiv möchte ich aber die birnförmigen Individuen von *Sagenoscena irmingeriana* (Textfig. 144) betrachten, bei welchen ein sehr charakteristischer Unterschied zwischen den seitlichen und den

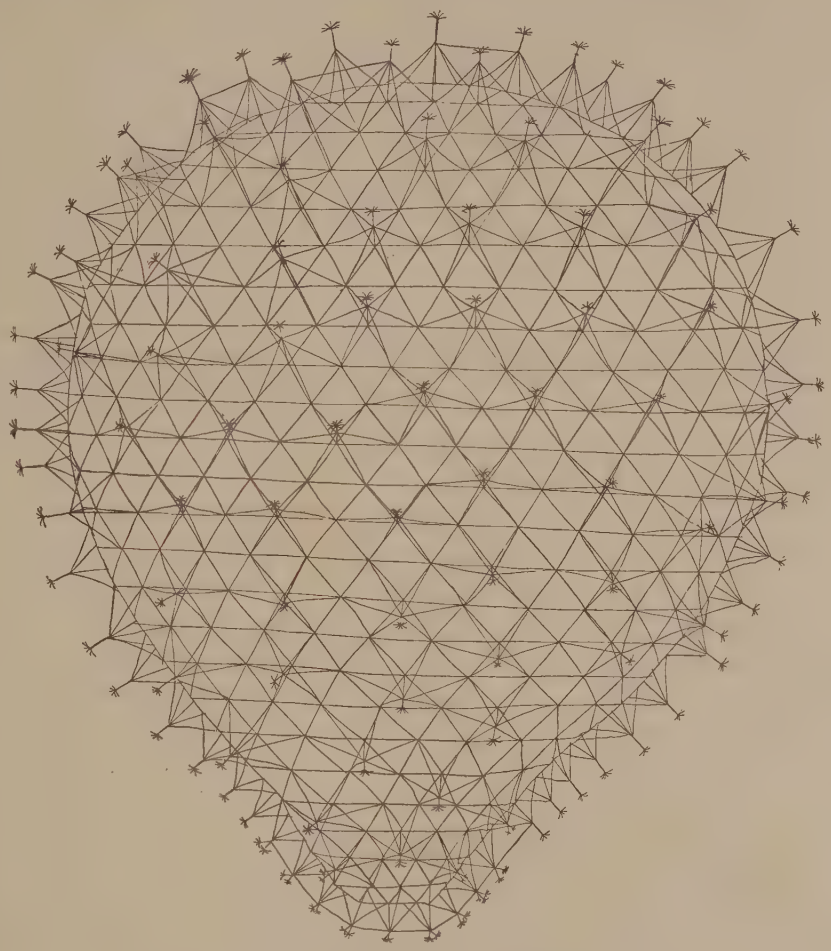


Fig. 144. *Sagenoscena irmingeriana.*

polaren Partien des Skelettes zu erkennen ist. Während nämlich in den ersteren die benachbarten Radialstacheln vollkommen frei stehen, sind sie am stumpfen Pole großenteils paarweise, manchmal auch zu dreien verkoppelt, und zwar durch tangentiale Balken, welche die Spitzen der Pyramiden miteinander verbinden (Taf. XVII, Fig. 159). Nicht selten sieht man ferner am stumpfen Pole, daß außer dem axialen Stabe der Pyramiden auch noch ein oder zwei andere Pyramidenstäbe sich über die Spitze hinaus verlängern und vollständige oder rudimentäre Kronen von Terminalästen tragen (Taf. XVIII, Fig. 161). Offenbar wird hier am stumpfen Pole, welcher bei der vertikalen Ortsbewegung und zwar wahrscheinlich beim Steigen einen stärkeren Druck auszuhalten hat, als die Seitenwandungen der Schale, durch die tangentiale Verkoppelung der Pyramidenspitzen eine Versteifung der Radialstacheln bewirkt und gleichzeitig durch die Vermehrung der Kronen die Zahl der Stützpunkte für die Sarkodehaut vergrößert. Hier wird also eine einseitige Erhöhung der Druckfestigkeit nicht nur, wie bei den kiel- und wasserbrecherähnlichen Einrichtungen anderer Formen, durch entsprechende Gestaltsveränderungen, sondern auch durch eine Modifikation der feineren Strukturen herbeigeführt. Noch ausgeprägter treten die genannten Differenzierungen am spitzen Pole der *Sagenoscena irmingeriana* hervor (Taf. XVII, Fig. 160). Hier sind sämtliche Pyramidenspitzen untereinander durch Tangentialbalken verbunden, so daß ein kompliziertes Fachwerk, ähnlich den Schalen von *Sagenoarium* (Textfig. 114) und denjenigen der koloniebildenden Tuscaroren, hergestellt wird. Dazu kommt, daß am spitzen Pole nahezu sämtliche Pyramiden mit drei, in der Regel ziemlich gleichmäßig ausgebildeten chrysanthemumähnlichen Kronen ausgestattet sind, so daß auch die Zahl der Stützpunkte für die Sarkodehaut eine wesentliche Vermehrung erfahren hat.

Schloss- und Peristombildungen.

In einem gewissen Zusammenhang mit den eben besprochenen Steig- und Sinkapparaten stehen einige Einrichtungen, welche augenscheinlich dazu dienen, eine Vergrößerung der Centralkapsel und des extrakapsulären Weichkörpers ohne wesentliche Aenderung der statischen Verhältnisse und zugleich ohne Beeinträchtigung der schützenden Funktion des Skelettes zu ermöglichen.

Was zunächst die Centralkapsel anbelangt, so läßt sich wenigstens für bestimmte Radiolariengruppen der Nachweis führen, daß sie zwischen den aufeinander folgenden Teilungsvorgängen eine sehr erhebliche Vergrößerung des Volumens erfahren kann. So besitzen die kleinsten mir vorliegenden Centralkapseln von *Oroscena regalis* einen Durchmesser von 0,28, die größten einen solchen von 1,1 mm. Es kann also bei dieser Collodarie die Centralkapsel ihr Volumen, allein während des skelettführenden Zustandes, ungefähr um das 60-fache vergrößern. Unter den Tripyleen sind namentlich bei den Tuscaroren ganz erhebliche Vergrößerungen der Centralkapseln während des vegetativen Stadiums zu beobachten (vergl. z. B. Taf. XXVII, Fig. 211—213; Taf. XXVIII, Fig. 218—220), und ebenso wachsen bei den Teilungsvorgängen der Aulacanthiden die Tochterkapseln wieder annähernd bis zur Größe der Mutterkapseln heran, wie ein Vergleich des 2-, 4- und 6-Kapselstadiums z. B. von *Aulokleptes ramosus* lehrt. Aber abgesehen von dieser kontinuierlichen Größenzunahme der Centralkapseln, wie sie zwischen zwei Teilungsakten Platz greift, möchte ich es für wahrscheinlich halten, daß speciell bei den Tripyleen auch periodische

Schwankungen des Kapselvolumens vorkommen. Wenn nämlich die intrakapsulären Alveolen wirklich die Bedeutung eines hydrostatischen Apparates besitzen — worauf ja besonders ihre extreme Entwickelung bei Planktonetten, Astracanthiden u. s. w. hinweist — so darf wohl auch angenommen werden, daß sie in ähnlicher Weise, wie dies Brandt für die Alveolen der Collodarien und Polycyttarien gezeigt hat, im Zusammenhang mit den vertikalen Wanderungen eine periodische Verkleinerung und Neubildung erfahren können, und diese Schwankungen werden vermutlich auch in Volumveränderungen der Centralkapsel selber ihren Ausdruck finden.

In den meisten Fällen ist nun die Centralkapsel nicht unmittelbar von festen Skelettteilen umgeben, und es steht daher ihrer kontinuierlichen oder periodischen Vergrößerung kein Widerstand entgegen. So können sich z. B. die beiden Centralkapseln der Tuscaroren ungehindert ausdehnen, bis sie den größten Teil der Schale ausfüllen (Taf. XXVII, Fig. 213; Taf. XXVIII, Fig. 218). Indessen giebt es zahlreiche Formen, bei welchen die Centralkapsel unmittelbar vom Skelett umschlossen ist und daher nur auf Grund besonderer Einrichtungen eine Ausdehnung erfahren kann. Hierher gehören in erster Linie die Sphärellarien mit mehreren konzentrisch ineinander geschachtelten Schalen, von welchen die außerhalb der Centralkapsel gelegenen als Rindenschalen, die inneren als Markschalen bezeichnet werden. Nach allem, was mir nun über die Skelettbildung der Radiolarien überhaupt bekannt ist, und was mein Schüler, Herr H. Mast, speciell an den Astrosphäriden- der „Valdivia"-Ausbeute ermitteln konnte, werden diese verschiedenen konzentrischen Schalen wahrscheinlich nicht successive angelegt, sondern das ganze mehrschalige Skelett kommt auf einmal, und zwar in einem Stadium mit noch sehr kleiner Centralkapsel, zur Ausbildung. Es kann dann ein Wachstum der Centralkapsel in der Weise erfolgen, daß letztere, wenn sie eine der Gitterschalen erreicht hat, durch deren Poren fingerförmige Fortsätze vorschiebt, welche jenseits der Gitterschale wieder miteinander verschmelzen (vergl. R. Hertwig, 1879, S. 45). So kann successive eine Gitterschale nach der anderen in die Centralkapsel einbezogen werden. Ob allerdings dieser Vorgang bei allen mehrschaligen Sphärellarien in gleicher Weise sich abspielt, oder ob in einzelnen Fällen die durch die Poren vorgestreckten Protuberanzen dauernd isoliert bleiben, konnte bisher nicht entschieden werden.

Auch bei den Cyrtellarien und verwandten Formen findet bekanntlich ein Wachstum der Centralkapsel in der Weise statt, daß diese durch die Poren der Basalplatte hindurch schlauchförmige Loben aus der Cephalis in den thorakalen Schalenabschnitt sendet (Taf. LXXXIV, Fig. 584).

Einrichtungen anderer Art finden sich bei den Tripyleen. Von den Cölodendriden (sensu lat.) wurde bereits berichtet, daß bei ihnen die beiden, der Centralkapsel dicht anliegenden Schalenklappen mit zunehmendem Wachstum der Centralkapsel auseinanderrücken können, und zwar in der Richtung der die beiden Galeae verbindenden Apicalachse (S. 497, Textfig. 124). Wenn nun wirklich, wie angenommen wurde, die Centralkapsel nicht bloß ein kontinuierliches Wachstum, sondern im Zusammenhang mit den Vertikalbewegungen auch periodische Größenzu- und -abnahmen aufweist, so werden vermutlich die Schalenklappen diesen Größenschwankungen regelmäßig folgen und, wenigstens am aboralen Pole, sich vorübergehend vollständig schließen können. Auf diese Möglichkeit deuten wenigstens die Zähnchen hin, welche sich bei zahlreichen Formen an der aboralen Seite der Schalenklappen vorfinden (Textfig. 124).

Ein Verschluß- und Oeffnungsmechanismus von noch komplizierterer Form, dessen Ausbildung ebenfalls mit den Volumschwankungen der Centralkapsel und demnach wohl auch mit

den Sink- und Steigbewegungen im Zusammenhang stehen dürfte, wird nach meiner Ansicht durch das Diaphragma der Planktonetten (S. 509, Textfig. 140 *d*) gebildet. Bei den meisten mir vorliegenden Exemplaren von *Planktonetta atlantica* ist das Diaphragma, welches genetisch auf die Centralkapsel zurückzuführen ist und mit letzterer auch durch die Astropylen und Parapylen in engster Verbindung bleibt, mittelst zahlreicher, an seinem Rande befindlicher Zäpfchen in entsprechende Grübchen des Schalenperistoms eingefalzt (Taf. LVII, Fig. 455). In diesen Fällen ist dann die Schale vollkommen gegen das Phäodium abgeschlossen und durch die aufgequollene, als hydrostatischer Apparat funktionierende Centralkapsel vollständig ausgefüllt. Bei einzelnen Exemplaren sah ich aber, daß das Diaphragma an der „vorderen" (d. h. der Floßseite gegenüberliegenden) Seite nicht in die Grübchen eingriff, sondern, unter Freilassung eines halbmondförmigen Spaltraums, ein wenig in den Schalenraum eingedreht war (Taf. LV, Fig. 447; Taf. LVI, Fig. 450; Textfig. 140 *d*). Ich möchte daher glauben, daß auch im lebenden Zustand das Diaphragma bei einer Volumverminderung der hydrostatisch wirksamen Centralkapsel entsprechende Bewegungen ausführen und der sich zusammenziehenden Kapsel mittelst einer kleinen Drehung folgen kann (Näheres siehe Syst. Teil, S. 294). In besonderer Weise kommt das Diaphragma bei der Fortpflanzung den Größenveränderungen von Centralkapsel und Kern entgegen: es tritt nämlich während der Teilung der Mutterkapsel eine Resorption des Deckelapparates ein (Taf. LIX, Fig. 459), und wenn auch die folgenden Stadien nicht beobachtet werden konnten, so ist doch als wahrscheinlich anzunehmen, daß das Diaphragma nach erfolgter Teilung eine Neubildung erfährt.

Während die zuletzt besprochenen Einrichtungen mit den Größenveränderungen der Centralkapsel während der Wachstums-, Fortpflanzungs- und Bewegungsvorgänge im Zusammenhang stehen, sind einige andere Bildungen dazu bestimmt, eine Volumzunahme des gesamten Weichkörpers zu ermöglichen. Dazu gehören vor allem die Schloßeinrichtungen der Conchariden, welche, wie ich früher (1906b, S. 33) hervorgehoben habe, wohl das Komplizierteste und Raffinierteste sind, was in Bezug auf zweckmäßige Strukturen bei den Tripyleen vorkommt. „Es handelt sich hier um Einrichtungen, welche die Schloßbildungen der Lamellibranchier an Kompliziertheit bei weitem übertreffen, ja, selbst die Schlösser der Trigonien und Rudisten werden durch sie vollkommen in Schatten gestellt." Speciell bei den Gattungen *Conchoceras*, *Conchidium* und *Conchellium*, welche unter den mir vorliegenden Formen die in funktioneller Hinsicht klarsten und vollkommensten Verhältnisse zeigen, läßt die Innenansicht des Schalenschlosses folgende Strukturen erkennen (Textfig. 145). Die zwei Halbschalen sind so miteinander verbunden, daß die beiden die Schalenränder besetzenden Zahnreihen ineinander greifen, wie die Finger einer gefalteten Hand, und zwar hängen, wie ich in Ergänzung der HAECKEL'schen Beschreibung feststellen konnte, die Zähne der einen Schale mit der Innenseite der anderen durch eine doppelte Führung zusammen. Die erste (marginale, d. h. dem Schalenrande näher gelegene) Führung wird durch bandförmige Laschen gebildet, welche die Wurzeln der Zähne an der Innenseite der Schalen miteinander verbinden (Textfig. 145 *m*), die zweite (submarginale) dagegen durch eine Reihe von paarig angeordneten, gegen das Schaleninnere vorspringenden Höckern oder Pfeilern oder aber durch dünne Spangen, welche wie Brückenbögen über die Poren setzen *(sm)*. Die Einrichtung ist eine derartige, daß die beiden Halbschalen bei Vergrößerung des Weichkörpers eine Strecke voneinander weichen können, ohne ihren Zusammenhalt

zu verlieren, und zwar ist eine Verschiebung der Schalen, ähnlich wie bei den Cölodendriden (s. S. 497), nur in der Richtung der die Schalenapices verbindenden Achse, d. h. in der Richtung der Zähne selber möglich, dagegen werden Drehungen der Halbschalen gegeneinander und damit unregelmäßige Derangierungen der Weichkörperverhältnisse vermieden.

Während so bei den Conchariden die Beweglichkeit der Skelettteile eine Vergrößerung des Weichkörpers ermöglicht, stellen bei denjenigen Tripyleen, deren Schale eine einzige Oeffnung, ein sogenanntes Pylom, besitzt, die Peristombildungen feste Einrichtungen dar, welche, wie ich glaube, bei vorübergehenden Volumvergrößerungen des Weichkörpers den aus der Pylomöffnung hervorquellenden Weichteilen als Aufnahme- und Stützapparate dienen.

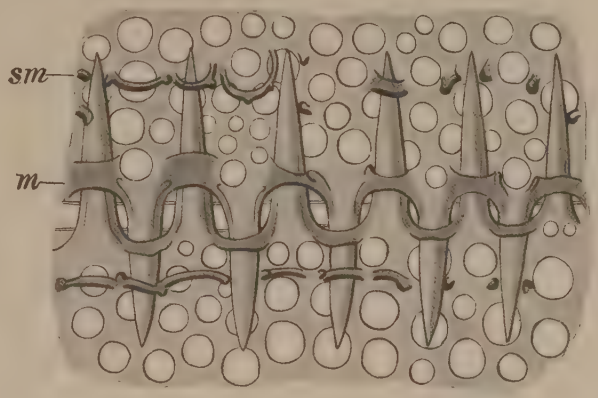


Fig. 145. Schalenschloß von *Conchoceras caudatum.*

Die ersten Andeutungen solcher Einrichtungen sehe ich in den Pylomstacheln der Castanelliden. Bei einer ganzen Anzahl offenbar nicht näher zusammengehöriger Arten ist nämlich ein dem Pylomrand aufsitzender oder benachbarter Radialstachel gegenüber allen anderen durch eine besondere Skulptur ausgezeichnet, welche aus zwei unter spitzen Winkeln sich schneidenden Systemen von feinen Leisten besteht und so mit rhombischen tüpfelartigen Feldern bedeckt erscheint (Textfig. 146). Vermutlich haben diese Pylomstacheln die Bedeutung, den aus der Pylomöffnung quellenden, besonders starken Pseudopodien als Leitbahn zu dienen, und ihre netzartige Skulptur würde demnach dazu bestimmt sein, die Adhäsion zu erhöhen. Neben diesem Pylomstachel (Textfig. 146) oder an Stelle desselben (Taf. XXXIV, Fig. 260—262) können kürzere, konische Pylomzähne auftreten, welche in Form eines Kranzes die Schalenöffnung umstehen und so ein Gerüstwerk bilden, welches bei Volumvergrößerungen des Weichkörpers, sei es bei der Nahrungsaufnahme, sei es bei den Bewegungs- und Fortpflanzungsvorgängen, als Aufnahmeapparat für die überquellenden Sarkode- und Gallertmassen dient. Für möglich, wenn auch nicht für sehr wahrscheinlich möchte ich es halten, daß die Pylomzähne der Castanelliden daneben noch die Bedeutung einer gegen fremde Eindringlinge

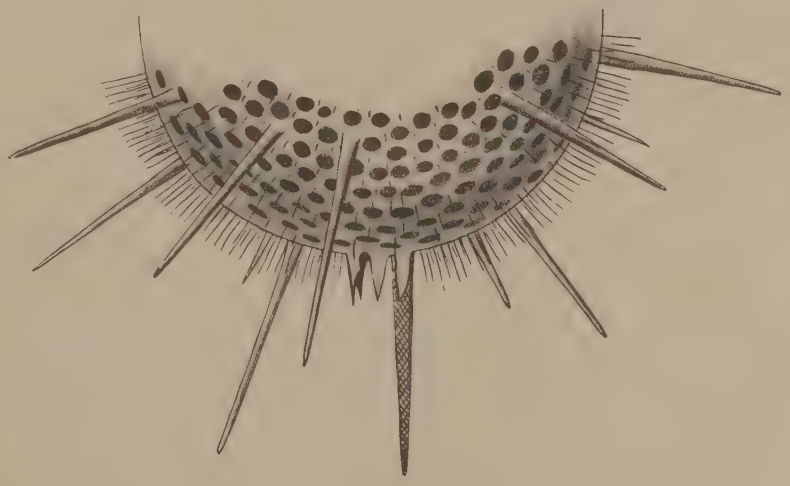


Fig 146. *Castanissa valdiviae* n. sp.

gerichteten Schutzwehr oder Verschanzung haben, wie dies RHUMBLER (Foraminiferen von Laysan etc., 1906) für die Mundzähne einiger Miliolininen annimmt.

Eine ähnliche Rolle spielen, soiel ich sehe, die mannigfaltig beschaffenen Peristombildungen der Tuscaroren, insbesondere die korbförmigen, durch eine überaus zierliche Architektur ausgezeichneten Aufsätze bei *Tuscarantha Braueri* und *Luciae* (Textfig. 147), die ornamentenartig verzierten Stachelbasen von *Tuscarora bisternaria* (Taf. XXIV, Fig. 188) und die merkwürdigen vogelkopf- und helmartigen Bildungen, welche bei mehreren, zu verschiedenen Gruppen gehörenden Formen auf Grund weitgehender Konvergenzbildung zur Entwickelung gekommen sind (Taf. XXVI, Fig. 204; Taf. XXVIII, Fig. 214, 218, 220). Nicht selten (Taf. XXVI, Fig. 206) fand ich die ganze Peristombildung von einer dichten Masse von Phäodium umgeben, wobei es freilich fraglich erscheinen mag, ob es sich hier nicht um eine durch die Fixierung hervorgerufene Quellungserscheinung handelt. Ebenso ist es noch ungewiß, ob die Peristombildungen der Tuscaroren auch bei der Fortpflanzung eine Rolle spielen, daß sie aber im ganzen thatsächlich die Funktion von Aufnahme- und Stützapparaten besitzen, scheint aus der ganzen Struktur dieser Schalenfortsätze mit Sicherheit hervorzugehen.

Fig. 147. Korbförmiges Peristom von *Tuscarantha Braueri*.

Die nämliche Aufgabe ist auch den Peristombildungen der Challengeriden und der kleineren Medusettiden zuzuschreiben. Es sei vor allem hingewiesen auf das vierzähnige Peristom von *Challengeron armatum* (S. 513, Textfig. 142; Taf. LI, Fig. 419, 420), auf die Korbbildung von *Challengeranium diodon*, welche ein Analogon zu den oben erwähnten Korbbildungen mancher Tuscaroren bildet (Taf. L, Fig. 399), sowie auf die in die Breite gezogenen oder trompetenförmigen Peristomfortsätze von *Protocystis Murrayi* und ihrer Verwandten (Taf. L, Fig. 407, 408, 411). Auch bei diesen Formen konnte ich die Funktion der Peristombildungen am konservierten Material nicht direkt beobachten, sondern nur aus den Strukturverhältnissen erschließen, aber da gerade bei den Challengeriden eine Fähigkeit zu periodischen Vertikalwanderungen mit guten Gründen angenommen werden darf (Syst. Teil, S. 245, 252), so scheint mir die Vermutung nahezuliegen, daß das Peristom auch hier als Stützapparat für die Sarkodeteile dient, welche nicht bloß bei der Nahrungsaufnahme, sondern auch bei periodischen, mit der Vertikalwanderung zusammenhängenden Volumschwankungen aus der Pylomöffnung hervorquellen. Daß auch bei der Fortpflanzung durch Zweiteilung die Peristomfortsätze der Challengeriden und Medusettiden eine Rolle als Stützapparat spielen können, darauf scheint mir der öfters herangezogene Fund einer in Fortpflanzung begriffenen *Planktonetta atlantica* hinzuweisen. Hier bleibt die durch Teilung der Mutterkapsel entstandene Tochterkapsel der Pylomöffnung mindestens bis zu der Zeit vorgelagert, wo sie bereits wieder in zwei Enkelkapseln zerfallen ist (Taf. LVI, Fig. 453; Taf. LIX, Fig. 459). Da nun während dieser Periode das intraphäodiale Stützskelett zurückgebildet ist, und da der Peristomkragen bei *Planktonetta* verhältnismäßig niedrig ist, so werden in unserem Fall die Tochter- und Enkelkapseln vorwiegend durch die Basen der Oralstacheln gestützt, und es ist wohl erlaubt, von diesen Anordnungsverhältnissen aus Rückschlüsse auf die kleineren Formen zu ziehen und deren Peristomfortsätze, welche offenbar den

Oralstacheln homolog sind, ebenfalls als Stützapparate zu betrachten. (In einem Fall, bei einer *Protocystis Harstoni*, war die Centralkapsel thatsächlich halb ausgetreten und lag mit ihrer äußeren Hälfte der Peristomgabel auf. Doch kann es sich hier natürlich auch um ein Kunstprodukt handeln.)

Während bei den Castanelliden, Tuscaroren, Challengeriden, sowie bei den kleinen Medusettiden außer der Centralkapsel auch das Phäodium innerhalb der Schale liegt und, abgesehen von den Pseudopodien, größere Teile des extrakapsulären Weichkörpers nur vorübergehend durch die Pylomöffnung hindurch in den Bereich des Peristoms treten dürften, liegt bei *Planktonetta* (Textfig. 140) der phäodiale Teil des Weichkörpers dauernd außerhalb der Primärschale, und bei anderen Gattungen *(Nationaletta, Atlanticella)*, bei welchen die Primärschale großenteils zurückgebildet ist, kommt ohnedies der Schutz der letzteren in Wegfall. Es sind daher bei diesen hochspecialisierten Formen besondere Stützapparate differenziert, welche die Kohäsion der phäodialen Massen erhöhen und wegen der räumlichen und funktionellen Beziehungen, welche sie zu den Peristombildungen zeigen, im Anschluß an diese kurz erwähnt werden mögen. Derartige Differenzierungen sind das intraphäodiale Stützskelett der Planktonetten, von dem bereits Fowler eine eingehende Beschreibung gegeben hat (vergl. Taf. LVII, Fig. 455), sowie die Sekundär- oder Außenschalen, welche bei *Nationaletta* (Taf. LIV, Fig. 443) eine hauben-, bei *Atlanticella* (Taf. LIII, Fig. 433, 434) eine klöppelförmige Gestalt haben und das Phäodium ganz oder teilweise in sich aufnehmen. Auch das Floß der Planktonetten (Taf. LV, Fig. 446; Textfig. 140 *f*) dürfte eine stützende Nebenbedeutung haben, indem es dem Phäodium als Unterlage dient.

Rudimentäre Bildungen.

Rudimentäre Strukturen im Sinne von Entwickelungshemmungen individueller, rein aberrativer Art sind außerordentlich häufig bei den Tripyleen und dürften wohl bei genauerer Untersuchung auch bei anderen Radiolarien in großer Zahl gefunden werden. Sie bilden, wie im dritten Abschnitt gezeigt werden soll, ein sehr wertvolles Material für die Untersuchung der Ontogenese.

Dagegen kommen rudimentäre Bildungen im strengeren Sinne des Wortes, nämlich funktionslose, bezw. funktionslos gewordene Strukturen, welche in Form von Speciescharakteren und also normalerweise auftreten, offenbar nur selten vor. Das beste, mit Bestimmtheit hierhergehörige Beispiel, welches ich bei den Radiolarien gefunden habe, und, soviel ich weiß, auch der erste Fall, der bisher überhaupt bei Protozoen beschrieben wurde, betrifft die Conchariden-Gattung *Conchopsis* (Taf. LXI, Fig. 477; Textfig. 148).

Es muß der Beschreibung dieser Bildungen vorausgeschickt werden, daß die Conchopsinen ganz sicher im Verhältnis zu den meisten übrigen Conchariden als abgeleitete, hochspecialisierte Formen zu betrachten sind. Ihr Vorkommen in den tiefsten Meeresregionen, ihre ganze Gestalt und Größe, die komplizierte Beschaffenheit der Schalenporen, das Vorhandensein eines „Velums", d. h. eines simsartigen Vorsprunges an den Rändern der bootförmigen Halbschalen (Taf. LX, Fig. 469), alle diese Verhältnisse lassen mit Sicherheit erkennen, daß die Gattung *Conchopsis* speciell gegenüber den Gattungen *Conchellium, Conchidium* und *Conchoceras* eine bei weitem

specialisiertere Organisation besitzt, und es darf wohl angenommen werden, daß ihre stammesgeschichtliche Entwickelung von Formen der letzteren Art ihren Ausgang genommen hat. Wenn aber dem so ist, dann ist offenbar auch die Folgerung erlaubt, daß die Schloßeinrichtungen von *Conchopsis* eine spätere Entwickelungsetappe desjenigen Typus darstellen, welcher sich bei den drei anderen Gattungen heute noch vorfindet.

Nun sehen wir den Schloßmechanismus von *Conchopsis* in doppelter Hinsicht gegenüber demjenigen der anderen Formen modifiziert. Die erste (marginale) Führung (Textfig. 148 *m*) wird nämlich nicht durch einzelne, die Zahnwurzeln paarweise verbindende Laschen gebildet, sondern durch eine kontinuierliche „Deckleiste", welche die an der Innenfläche der Schale leistenförmig vorspringenden Zahnwurzeln überbrückt, und ferner ist bei einzelnen Exemplaren die zweite (submarginale) Führung *(sm)* nur unvollständig ausgebildet, indem an Stelle von Laschen oder Doppelpfeilern eine Reihe von schön geschwungenen Leisten tritt, welche, ohne Oesen zu bilden, gegen den Innenraum der Schale vorspringen. An einigen Stellen rücken diese spangenförmigen Bildungen so weit vom Rande ab, daß sie von den Zähnen der anderen Halbschale überhaupt nicht mehr erreicht werden, und so wird man im Hinblick auf das, was oben über die mutmaßlichen stammesgeschichtlichen Beziehungen der Gattung *Conchopsis* zu den anderen Gattungen gesagt wurde, zu der Anschauung geführt, daß es sich hier um eine rudimentär und funktionslos gewordene Struktur handelt.

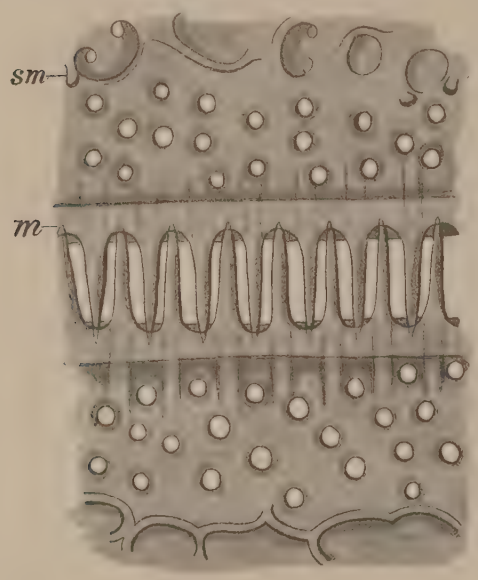


Fig. 148. Schalenschloß von *Conchopsis orbicularis*.

Als rudimentäre Bildungen wird man auch gewisse radiale Skelettelemente der Cölodendriden zu betrachten haben, so z. B. die Apical- und Aboralröhre von *Coelodendrum flabellatum* (Taf. LXIII, Fig. 489; Taf. LXXI, Fig. 525 und 529 *ab* und *ap*), den Aboraldendriten von *Coelodiceras spinosum* (Taf. LXIV, Fig. 493 *ab*) und *macropylum* (Taf. LXXI, Fig. 526 *ab*), sowie den Apicaldendriten von *Coelothyrsus cypripedium* (Taf. LXXI, Fig. 524 *ap*). Alle diese Gebilde treten bei allen Individuen auf, sie haben aber eine verkümmerte, im Gegensatz zu den Hauptdendriten unregelmäßig wechselnde Gestalt und sind, da sie nicht bis an die Oberfläche des Weichkörpers reichen, im Gegensatz zu den homologen Bildungen bei anderen Species oder Gattungen funktionslos oder haben wenigstens nur eine untergeordnete Funktion als innere Stützelemente. Sie weisen also alle Eigenschaften von eigentlich rudimentären Organen auf und können nicht als Entwickelungshemmungen pathologischer Art angesehen werden.

II. Abschnitt.

Form und Medium.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen, welche uns die Welt der Radiolarien darbietet, ist das offenkundige Mißverhältnis zwischen dem erstaunlichen Formenreichtum dieser Protozoengruppe und der relativ monotonen Beschaffenheit des äußeren Mediums und der Nahrung. In der That ist es zweifellos, daß die Radiolarien in Bezug auf den Reichtum an Formen und die große Zahl selbständiger Stämme alle anderen marinen Organismen, insbesondere auch die Foraminiferen, bei weitem übertreffen. Schon im Jahre 1887 hat HAECKEL die Zahl der lebenden Formen auf 3730 angegeben, während die Zahl der lebenden Foraminiferen von BÜTSCHLI (1880—1882) und ZITTEL (1895) nur auf 600—700 berechnet wird. Nun sind allerdings die HAECKEL'schen Formen, wie er selbst zugiebt und wie namentlich aus den Befunden der „Valdivia" mit Sicherheit zu entnehmen ist, nur zum Teil als gut abgegrenzte Arten zu bezeichnen, aber trotzdem dürfte jener gewaltige Zahlenunterschied in vollem Umfang bestehen bleiben, denn einerseits gilt ja die Unsicherheit der Artabgrenzung zweifellos auch für die Foraminiferen und für die anderen marinen Organismen, andererseits sind zu den im Report aufgezählten Arten auf Grund der Ergebnisse späterer Expeditionen und der paläontologischen Befunde mindestens nicht weniger neue Formen hinzugekommen, als beispielsweise zu den Foraminiferen, so daß der bedeutende Vorsprung der Radiolarien sicher auch jetzt noch anerkannt werden muß.

Besonders auffallend scheint mir die Thatsache zu sein, daß speciell die Tripyleen eine so überaus große Mannigfaltigkeit der Form und eine so reiche Gliederung in selbständige Abteilungen von größerem oder geringerem Umfang zeigen. Sind die Tripyleen doch vorzugsweise Tiefenbewohner, deren Existenzbedingungen womöglich noch monotoner sind als diejenigen der Oberflächenformen!

Es handelt sich also um die Frage: lassen sich trotz dieses augenscheinlichen Gegensatzes, welcher zwischen dem Reichtum an Formen und der Eintönigkeit des Mediums besteht, Beziehungen zwischen Form und Medium nachweisen? oder, genauer gesagt: sind bestimmte Typen auf bestimmte Breiten und Tiefen, auf bestimmte Temperatur-, Dichtigkeits- und Ernährungsverhältnisse beschränkt, so daß man also von einer horizontalen und vertikalen Gliederung der Radiolarienfauna sprechen kann, und können bei solchen lokalisierten Formen Größe, Gestalt und specielle Strukturen als Anpassungen an die besondere Beschaffenheit des Mediums gedeutet werden?

Leider sind wir bei der Erörterung dieser Fragen ausschließlich noch auf die deskriptiv-tiergeographische und vergleichend-morphologische Untersuchung angewiesen, denn das Experiment, welches allein endgültige Aufschlüsse über die kausalen und finalen Beziehungen zwischen Form und Medium zu geben im stande wäre, ist wenigstens bei den Tripyleen zur Zeit nicht anwendbar.

Nur in einzelnen Fällen nehmen die Verhältnisse, welche die Natur uns darbietet, einigermaßen den Charakter eines Experimentes an, so z. B. wenn wir sehen, wie das Mittelmeer durch eine Barre gegen den Ocean und dessen kalte Unterströmungen abgegrenzt ist, oder wie in einzelnen Mischgebieten warme und kalte Strömungen zusammentreffen. Im ganzen müssen wir uns aber mit den rein deskriptiven Untersuchungsmöglichkeiten bescheiden.

Warm-, Tiefenkühl- und Kaltwasserformen.

Schon in meiner ersten Mitteilung (1904, S. 131) konnte ich, dank den reichhaltigen antarktischen und indischen Radiolarienfängen der „Valdivia", darauf hinweisen, daß die tiergeographischen Beziehungen der Tripyleen, was ihre horizontale Verbreitung anbelangt, sich im ganzen durch die Gegenüberstellung von Warm- und Kaltwasserformen zum Ausdruck bringen lassen. Als ungefähre Grenzen zwischen den Verbreitungsgebieten der Warm- und Kaltwasserformen ergaben sich wenigstens für die Tuscaroren 40^0 nördlicher und 40^0 südlicher Breite (1904, S. 149). Damit war also speciell für die Tripyleen das nämliche tiergeographische Verhältnis festgestellt worden, welches bereits einige andere Forscher, zuerst wohl BRANDT (1892), für verschiedene planktonische und littorale Tiergruppen nachgewiesen hatten (vergl. die Zusammenstellungen bei POPOFSKY, 1904, S. 37; 1904a, S. 121), und gleichzeitig war ein erster Hinweis gegeben auf einen thatsächlichen Zusammenhang zwischen Form und Medium.

Im weiteren Verlauf meiner Untersuchungen stellte sich nun aber heraus, daß die Gegenüberstellung von Warm- und Kaltwasserformen bei den Tripyleen nicht ganz genau ist, insofern ja nur verhältnismäßig wenige von ihnen die Oberflächenschichten der warmen Meere bewohnen und demgemäß als Warmwasserformen im strengen Sinne des Wortes bezeichnet werden können, die große Mehrzahl dagegen an das kühle Wasser der Tiefenregionen angepaßt ist. Es müssen also schon unter den „Warmwasserformen" zwei Kategorien unterschieden werden: die oberflächlichen, eigentlichen Warmwasser- und die tiefenbewohnenden Kühlwasserformen, Da nun andererseits in den polaren Gebieten die Temperaturverhältnisse der verschiedenen Horizonte viel gleichmäßigere sind als in den warmen Meeresteilen (vergl. SCHOTT, 1902, Taf. XXIX—XXXII) und daher bei der Verteilung der Formen keine oder nur eine geringe Rolle spielen dürften, so macht sich hier eine derartige Unterscheidung nicht nötig, und man gelangt also schließlich dazu, an Stelle jener Zweiteilung zunächst eine Dreiteilung vorzunehmen. So bin ich denn, nach einigen vorläufigen Einteilungsversuchen (vergl. Syst. Teil, S. 208), zunächst zur Unterscheidung von (tropischen) Warmwasserformen, (tropischen) Tiefen-Kühlwasserformen und (polaren) Kaltwasserformen gekommen.

Sowohl die oberflächenbewohnenden Warmwasser-, als auch die tiefenlebenden Kühlwasserformen der äquatorialen Gebiete können in den kalten Meeresregionen durch vikarierende Formen vertreten sein, mag es sich dabei um Rassen derselben Art, oder um gut abgegrenzte Arten handeln. Ebenso können auch, wie in einem späteren Kapitel ausgeführt werden soll, die Warmwasserformen in den Tiefenschichten desselben Meeresteiles durch vikarierende Tiefenkühlwasserformen ersetzt werden. So kommen also sowohl in horizontaler, wie in vertikaler Richtung Uebergänge und Vertretungen zu stande, und im ganzen lassen sich daher die gegenseitigen räumlichen Beziehungen der Warm-, Tiefenkühl- und Kaltwasserformen sehr

gut mit dem Bild in Einklang bringen, welches CHUN (1897, S. 62) von der Verteilung des Warm-, Kalt- und Kühlwassers mit folgenden Worten entworfen hat: „Die Warmwassergebiete der Oceane gleichen gewissermaßen ungeheuren Schalen, welche gegen die polaren Zonen an ihren Rändern sich ausflachen und in einer Tiefe von etwa 500 m allmählich in die gewaltigen unteren Wassermassen mit ihrer kühlen Temperatur übergehen" (vergl. auch SCHOTT, l. c.).

Ehe ich nun genauer auf die verschiedenen Verbreitungsmöglichkeiten und insbesondere auf die Beziehungen zwischen horizontaler Verteilung und äußerer Form eingehe, möchte ich einige Beispiele aus den Familien der Challengeriden und Tuscaroriden vorausschicken, welche in besonders deutlicher Weise das bisher Gesagte veranschaulichen.

Die Karte I läßt die Verteilung von einigen Challengeriden-Arten in den von der „Valdivia" befahrenen Meeresteilen erkennen. Die eine Art, *Protocystis Sloggetti* (Textfig. 149; auf der Karte durch schwarze Punkte gekennzeichnet), ist eine ausgesprochene Tiefenkühlwasserform, welche vorzugsweise in den äquatorialen Meeresgebieten des Atlantik und Indik zwischen 40° N. Br. und 40° S. Br. zu Hause ist und besonders häufig in den tieferen Wasserschichten zwischen 400 und 1500 m erbeutet wurde.

Aehnlich würde sich die horizontale Verbreitung einer typischen Warmwasserform, z. B. von *Heliochallengeron Channeri* (Taf. LI, Fig. 414), darstellen.

In den kalten Meeresgebieten wird die zuerst genannte Form durch die ausgesprochen bipolare (durch rote Punkte bezeichnete) *P. Harstoni* (Textfig. 150) ersetzt. Sie wurde von der „Valdivia" in großer Zahl an beinahe allen antarktischen Stationen gefischt und ist außerdem vorzugsweise aus dem nördlichen Atlantik und nördlichen Eismeere bekannt. Speciell in den Nordmeeren wurde *P. Harstoni* von HENSEN westlich der Hebriden, von CLEVE südlich und westlich Spitzbergen (75° 50′ N. Br., 15° 25′ O. L.[1]); 78° 13′ N. Br., 2° 58′ W. L.; 79° 58′ N. Br., 9° 35′ O. L.), von JÖRGENSEN in verschiedenen Fjorden an der Westküste Norwegens festgestellt, und zwar konnte ich mich von der Identität der nordischen und antarktischen Form an der Hand einiger, von Herrn Kollegen JÖRGENSEN in Bergen freundlichst zugesandter norwegischer Exemplare überzeugen. Der einzige warme Meeresteil, in welchem *P. Harstoni* oder wenigstens eine sehr nahe verwandte Form (*P. nautiloides* BORGERT) vorkommt, ist die Sargassosee; was den pacifischen Fundort (Ch.-St. 231, südlich Nippon) anbelangt, so dürften hier polare Stromfäden in Betracht kommen. Hinsichtlich der Vertikalverbreitung von *P. Harstoni* ist zu sagen, daß sie sich in der Antarktis im großen ganzen in höheren Schichten vorfindet, als die in den Tropen vikarierende *P. Sloggetti*, doch wurde sie auch in tieferen Schichten, bis herab zu 4000 bis 5000 m, in lebenden Exemplaren angetroffen. Allem nach ist *P. Harstoni* als eine ausgesprochene Kaltwasserform zu betrachten.

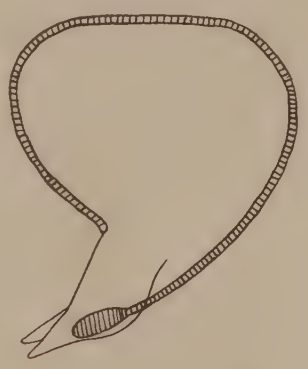


Fig. 149. *Protocystis Sloggetti.* Tiefenkühlwasserform der warmen Meeresgebiete.

Fig. 150. *Protocystis Harstoni.* Bipolare Kaltwasserform.

1) Auf der Karte zu weit östlich markiert.

Um einigermaßen einen Begriff von den Temperaturverhältnissen zu geben, welchen diese Vertreter der drei Hauptverbreitungstypen angepaßt sind, habe ich von sämtlichen Fundorten, für welche die Temperaturen bekannt sind (vergl. die Tabellen bei SCHOTT, 1902, S. 138 ff.), die letzteren zusammengestellt und einen Durchschnittswert berechnet. Dabei ergab sich für die Warmwasserform als mittlere Temperatur + 14,2° C, für die Kühlwasserform + 11,0° C, für die Kaltwasserform + 0,4° C. Die für die Kühlwasserform erhaltene Zahl ist dadurch unnatürlich in die Höhe gedrückt, daß in den Tabellen zufälligerweise die Temperaturen für sämtliche höheren, dagegen nur für einen Teil der charakteristischen tieferen Vorkommnisse angegeben sind. Berücksichtigt man ausschließlich die Schichten des Skotoplanktons, in welchen *P. Sloggetti* ganz überwiegend vorzukommen scheint, so erhält man eine Durchschnittstemperatur von + 7,8° C., eine Zahl, welche sehr gut mit dem Begriff des Kühlwassers in Einklang zu bringen ist.

Im Gegensatz zu den Challengeriden sind die Tuscaroriden, soweit wir zur Zeit wissen, durchweg ausgesprochene Tiefenformen und scheinen auch in der Antarktis nicht in die oberhalb des 400 m-Horizontes gelegenen Schichten emporzusteigen. In dieser Gruppe gibt es also nur Tiefenkühl- und Kaltwasserformen, aber trotzdem machen sich auch hier ebenso scharfe Gegensätze hinsichtlich der horizontalen Verbreitung bemerkbar, wie in der Familie der Challengeriden.

Die Karte II gibt die Verbreitung einiger Tuscaroriden-Arten wieder, von welchen ein besonders reichliches Material vorliegt. Die in mehreren Varianten auftretende *Tuscaretta tubulosa* (in der Karte durch schwarze Punkte bezeichnet) ist von der „Valdivia" an zahlreichen Stationen des tropischen Atlantik und Indik gefischt und außerdem vom „Gauß" im Guineastrom, vom „Challenger" an einigen Stellen des nördlichen Pacifik (südlich von 40° N. Br.) erbeutet worden. Im südöstlichen Atlantik reicht ihre Verbreitung bis in den Benguelastrom und das Mischwassergebiet über der Agulhasbank, im südöstlichen Indik wird sie durch eine sehr nahe stehende Form *(T. calathoides)* vertreten. An den antarktischen Stationen fanden sich nirgends Exemplare, so daß man also von einer ausgesprochenen Tiefenkühlwasserform sprechen darf.

Eine ganz ähnliche Verbreitung zeigt *Tuscarora bisternaria* (schwarze Ringe), nur daß sie eher noch mehr auf die äquatorialen Gebiete der drei Oceane, und zwar zwischen 20° N. Br. und 20° S. Br. zusammengedrängt erscheint. Nur an zwei Stellen (T.-St. 88 und 173) wurde sie außerhalb von 20° S. Br. gefunden. Eine nahe verwandte Form, *T. Wyvillei,* schließt sich im südöstlichen Indik an *T. bisternaria* an und wurde vom „Challenger" auch im südlichen Pacifik (nördlich von 40° S. Br.) gefunden.

Ein Gegenstück zu den genannten äquatorialen Kühlwasserformen bilden einige Arten, deren Hauptverbreitungsgebiet nach unseren bisherigen Kenntnissen in der Antarktis gelegen ist, die aber in einzelnen Exemplaren auch in den tropischen Meeren gefunden wurden. Diese Formen sind *Tuscaretta globosa* (rote Punkte), welche in einer Variante auch im Benguelastrom und vom „National" sogar im Nordäquatorialstrom erbeutet wurde, und *T. passercula* (rote Ringe), welche sich zweimal im nördlichen Indik vorfand. Ueber die Vertikalverbreitung dieser Arten liegen nur sehr spärliche Angaben vor, und es kann daher nicht entschieden werden, ob ihre Häufigkeit in der Antarktis und ihr sporadisches nördliches Vorkommen vielleicht ein Hinweis darauf ist, daß unsere Formen, ähnlich den später zu besprechenden „interpolaren" Formen, in der Antarktis in verhältnismäßig hohen, in den tropischen Meeren dagegen nur in tieferen Horizonten zu Hause sind.

Die verschiedenen Arten der Horizontalverbreitung der Aulacanthiden.

Ueber die horizontale Verbreitung der Aulacanthiden habe ich bereits im Systematischen Teil (S. 25 f.) eine Uebersicht gegeben. Die hier zusammengefaßten Einzeldaten haben im Verlauf meiner späteren Untersuchungen keine wesentliche Korrektur durch nachträgliche Beobachtungen erfahren, dagegen bin ich auf Grund der bei anderen Gruppen gewonnenen Ergebnisse und zum Teil beeinflußt durch Anregungen, welche Meisenheimer (1905) in seinem Pteropodenwerk gegeben hat, dahin gelangt, die verschiedenen Formen der tiergeographischen Verbreitung in einer anderen Reihenfolge anzuordnen und auf diese Weise, wie ich glaube, die natürlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Verteilungstypen zum Ausdruck zu bringen. Da ferner gerade die Aulacanthiden für nahezu alle Verbreitungsarten sehr charakteristische Beispiele liefern, so möchte ich sie auch hier als Ausgangspunkt für die Erörterung einiger tiergeographischer Einzelheiten benutzen.

Eine ganze Anzahl von Aulacanthiden weist, ähnlich wie die oben genannten Challengeriden und Tuscaroriden, eine ausgesprochen **äquatoriale,** auf den Meeresgürtel zwischen 40° N. Br. und 40° S. Br. beschränkte Verbreitung auf. Einige derselben, wie *Aulographis triangulum, Aulospathis variabilis tetrodon* und *Aulacantha spinosa,* können jetzt schon als **cirkumtropisch** (trioceanisch) bezeichnet werden, da sie in den tropischen Gegenden des Atlantik, Indik und Pacifik vorkommen. Für andere dagegen ist vorerst nur eine atlantisch-indische Verbreitung nachzuweisen. Dazu gehören die Warmwasserform *Aulographonium mediterraneum* (Textfig. 138) und die wahrscheinlich durchweg als Tiefenkühlwasserformen zu bezeichnenden Arten und Unterarten *Auloceros arborescens dichodendrum* (Textfig. 123), *Aulographonium bicorne* (Textfig. 106) und *indicum, Aulopetasus charoides, Aulospathis variabilis monodon* und *aulodendroides, Aulacantha cannulata.*

An diese ausgesprochen stenotherm-wärmeliebenden Formen reihen sich einige andere an, welche ebenfalls noch ihr Hauptverbreitungsgebiet in den Tropen haben, aber von hier aus mit Ausläufern auch in die kälteren Mischgebiete hereinreichen. So ist die durch ihre wunderbar zierliche Skelettstruktur ausgezeichnete *Aulocoryne zetesios* (Taf. V, Fig. 46) von der „Valdivia" an fünf ausgesprochen tropischen Fundorten erbeutet worden (vergl. Syst. Teil, S. 75 und 460), nachdem sie früher vom nördlichen Ast des Golfstromes (Färöe-Kanal) und von der Irmingersee bekannt geworden war. Eine ganz ähnliche Verbreitung zeigt offenbar auch *Auloceros arborescens birameus* und *Aulographonium pulvinatum.* Daß speciell letztere Form normalerweise im Tiefenkühlwasser der wärmeren Meeresgebiete zu Hause und dem Kaltwasser der polaren Regionen nicht angepaßt ist, darauf weist der Umstand hin, daß das einzige in der Antarktis gefundene Exemplar an den Radialstacheln vielfache Abnormitäten zeigte (Taf. XLIII, Fig. 317 a).

Schon die Formen der letzten Gruppe weisen keinen ausgesprochen stenothermen Charakter auf und führen so hinüber zu den **eurytherm-kosmopolitischen** Formen, welche in allen Meeresgebieten annähernd gleichmäßig verbreitet sind. Hierher gehören einige kleinere, sowohl in den Oberflächen- wie in den Tiefenschichten vorkommende Arten bezw. Unterarten, wie *Aulacantha*

scolymantha typica (Textfig. 133, 134) und *Aulographis tetrancistra* (Textfig. 107), und ebenso mehrere große Formen, die zu den regelmäßigen Bestandteilen der Vertikalnetzfänge gehören, nämlich *Aulacantha scolymantha bathybia* (Textfig. 135), *Aulographis pandora* (Textfig. 154,2), *Aulokleptes ramosus* und *Aulospathis variabilis triodon* (Textfig. 154,3). Die drei erstgenannten Formen scheinen die Tiefen zwischen 400 und 1000, *Aulospathis v. triodon* diejenigen zwischen 1000 und 1500 m zu bevorzugen, sie müssen also sämtlich als Tiefenkühlwasserformen bezeichnet werden. Spätere Untersuchungen werden zeigen, ob vielleicht schon unter diesen Formen sich einige befinden, welche in den kalten Meeresgebieten in weniger tiefen Meeresschichten zu Hause sind, als in den äquatorialen Regionen, und somit einen Uebergang zu den gleich zu besprechenden interpolaren Formen bilden.

Während sich das Verbreitungsgebiet der bisher besprochenen, insbesondere auch der stenotherm-wärmeliebenden Formen zu beiden Seiten des Aequators kontinuierlich und mehr oder weniger symmetrisch nach Norden und Süden erstreckt, sind einige andere Gruppen stenotherm in entgegengesetztem Sinne, insofern sie ausschließlich an kühlere oder sogar wirklich kalte Temperaturen angepaßt sind, und infolge der symmetrischen Verteilung der kalten Meeresgebiete zu beiden Seiten des Aequators wird daher ihr Verbreitungsgebiet in den wärmeren Breiten in der Regel eine mehr oder weniger große Unterbrechung aufweisen.

An die cirkumtropischen Arten schließen sich zunächst einige Formen an, welche einerseits in den eigentlich äquatorialen Meeresgebieten, andererseits in den beiden Eismeeren fehlen, dagegen in den dazwischen gelegenen Meeresgürteln verbreitet sind. Ebenso nämlich, wie nach MEISENHEIMER's (1905) Untersuchungen einige Pteropoden-Arten in zwei Zonengürteln von 15^0 bis 40^0 nördlicher und 15^0 bis 40^0 südlicher Breite zu beiden Seiten des Aequators besonders häufig sind, so wurden auch von der Aulacanthiden-Species *Aulokleptes flosculus* weitaus die meisten Exemplare im nördlichen Atlantik und dann wieder im südlichen Atlantik und südlichen Indik, also weitab vom Aequator gefunden, und ebenso scheint auch *Aulospathis variabilis bifurca* hauptsächlich in zwei, zu beiden Seiten des Aequators gelegenen Gürteln mit kühlerem Wasser verbreitet zu sein. Offenbar müssen diese beiden Radiolarien gegen Temperaturdifferenzen außerordentlich empfindlich sein, jedenfalls viel empfindlicher als die genannten Pteropoden. Denn wie ein Blick auf ein die vertikale Temperaturverteilung darstellendes Längsprofil des Atlantik (vergl. SCHOTT, l. c. tab. 28, No. 1) zeigt, ist in den Tiefenschichten (400—1500 m), welche wahrscheinlich von *Aulokleptes* und *Aulospathis* bewohnt werden, das Temperaturgefälle vom Aequator nach den Polen zu ein wesentlich geringeres als in den von den Pteropoden bevorzugten Oberflächenschichten. So weist z. B. die Oberfläche unter dem 40^0 S. Br. eine um etwa 13^0 niedrigere Temperatur als am Aequator auf, während die Differenz auf dem 500 m-Horizont nur etwas mehr als 2^0 beträgt.

Die letztgenannten Formen, die ich als **Zweigürtelformen** (bizonäre Formen) bezeichnen möchte, führen herüber zu den **bipolaren** (amphipolen) Formen, welche in extremer Weise an die eigentlich kalten Meeresgebiete angepaßt sind. Als bipolare Formen können unter den Aulacanthiden zur Zeit nur *Aulacantha laevissima* und vielleicht *Aulospathis variabilis diodon* bezeichnet werden.

Ihnen kann man am besten einige **unipolare**, und zwar antarktische Arten und und Unterarten aus den Gattungen *Aulographonium* und *Auloceros* anreihen, welche bisher nur

in der Antarktis oder höchstens noch längs des kühlen Benguelastromes im südöstlichen Atlantik gefunden wurden *(Aulographonium antarcticum* und *anthoides, Auloceros arborescens subelegans)*.

Im ganzen ist die Ausbeute sowohl an bipolaren als auch an unipolaren Aulacanthiden, verglichen mit den entsprechenden Formen aus anderen Tripyleen-Familien, verhältnismäßig gering, wofern man nur die „guten Arten" im Auge behält. Etwas anders gestaltet sich freilich das Bild, wenn man den bipolaren und unipolaren Formen auch die polaren Unterarten kosmopolitischer und anderer eurythermer Arten hinzuzählt.

Den bizonären, bipolaren und unipolaren stenothermen Formen stehen solche gegenüber, deren Verbreitungsgebiet von den eigentlich warmen Meeresteilen, also von der äquatorialen „Warmwasserschale" im Sinne Chun's (s. S. 525), nicht bloß in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung abgelegen ist, und welche also einerseits die kalten Meeresgebiete, andererseits die sehr kühlen Tiefenschichten der großen Oceane bewohnen. Es handelt sich zunächst um jene vielbesprochenen, zuerst von Chun in den Vordergrund des Interesses gerückten Formen, welche in der Arktis und Antarktis mehr oberflächlich gelegene Schichten, in den äquatorialen Gegenden dagegen die größeren Meerestiefen bewohnen, also um eine besondere Kategorie von bipolaren Formen, die ich als **interpolar** bezeichnen möchte. Unter den Aulacanthiden kommt hier vorläufig nur *Aulodendron antarcticum* in Betracht, welches sowohl in den beiden Eismeeren (in der Antarktis vom „Challenger" und von der „Valdivia") als auch im Atlantik und Indik erbeutet wurde. Das verhältnismäßig seltene Vorkommen in dem immerhin recht gut durchforschten Atlantik darf vielleicht als Anzeichen dafür aufgefaßt werden, daß unsere Form in den wärmeren Meeresgebieten tiefere Regionen bevorzugt als die übrigen Aulacanthiden.

Die zweite dieser Gruppen besteht aus solchen Formen, welche bisher hauptsächlich in der Antarktis beobachtet worden sind, von denen aber einzelne Exemplare vereinzelt auch in wärmeren Meeresgebieten, und zwar besonders mittelst tiefgehender Schließnetzzüge, erbeutet wurden. Da es nicht unwahrscheinlich ist, daß sie in den wärmeren Meeren nur deshalb seltener zur Beobachtung kommen, weil sie von der Antarktis gegen den Aequator hin in immer größere Tiefen untertauchen, so habe ich diese Formen in meinen ersten Mitteilungen (1904) als **submergente** (unipolar-submergente) bezeichnet. Obwohl die Bezeichnung keine ganz glückliche ist, so möchte ich sie doch, da kein besserer Vorschlag vorliegt, beibehalten. Zu dieser Gruppe von antarktischen Formen gehören *Aulographis stellata*, welche, namentlich in Form einer besonderen Unterart *(asteriscoides)*, auch im nördlichen Indik vorkommt, und *Aulospathis pinus*, welche mittelst tiefgehender Schließnetz- und Vertikalnetzzüge im südlichen und nördlichen Indik und sogar im Golfstrom (S. 1850—1550) erbeutet wurde.

Die im Vorstehenden versuchte Einteilung der Aulacanthiden nach dem Grade und dem Charakter ihrer Eurythermie oder Stenothermie wird zweifellos, was die Einzelheiten anbelangt, durch spätere Untersuchungen in mannigfacher Weise abgeändert werden, jedenfalls dürfte aber schon jetzt mit Sicherheit feststehen, daß bei der horizontalen Verbreitung der Aulacanthiden, und, wie ich hinzufügen will, der Tripyleen überhaupt, die Temperatur des Mediums und im Zusammenhang damit die Strömungen eine wesentliche Rolle spielen. Durch den eurythermen oder stenothermen Charakter einer Form, durch ihre größere oder geringere Anpassung an warme, mittlere oder kalte Temperaturen werden

offenbar in höherem Grade als durch andere Faktoren die Verbreitungsgrenzen der einzelnen Arten bestimmt, und die Temperaturkarten des Meeres können ohne weiteres als Rahmen für eine Darstellung der regionalen Verbreitung der Aulacanthiden dienen.

Nur bei einzelnen Formen scheint die regionale Verbreitung unabhängig von dem Verlauf der Isothermen zu sein. So ist mir, allerdings nicht bei den Aulacanthiden, aber bei einigen anderen Gruppen aufgefallen, daß speciell der südöstliche Teil des Indik durch das Auftreten besonderer, von der „Valdivia" sonst nirgends gefischter Formen ausgezeichnet ist. Dahin gehören die Castanelliden *Castanella Wyvillei*, *Castanarium favosum* und *Circocastanea margarita*, die Tuscaroriden *Tuscarora Wyvillei* und *Tuscaretta calathoides* und die Challengeride *Challengeron sacculus*. Zwei dieser Formen, *Castanella Wyvillei* und *Tuscarora Wyvillei*, sind durch den „Challenger" als Bewohner des Pacifik bekannt geworden, sie gehören also vielleicht einer besonderen pacifisch-indischen (?südpacifisch-südindischen) Fauna an, die von einem pacifischen Entstehungscentrum aus in die Nachbargebiete überzugreifen versucht.

Daß in der That auch der Pacifik auf dem Gebiete der Radiolarien manche Besonderheiten gegenüber den übrigen Oceanen beherbergt, darauf weisen verschiedene Funde des „Challenger" hin. Danach scheinen, um nur ein Beispiel anzuführen, dem Pacifik einige specialisierte Orosphäriden *(Orosphaera horrida, Oroscena Gegenbauri)* eigentümlich zu sein, während, wie die „Valdivia"-Ausbeute erkennen läßt, Atlantik, Indik und Antarktis bezüglich der hier vorkommenden Orosphäriden-Formen eine große Uebereinstimmung zeigen (vergl. Syst. Teil, S. 427, 429).

Bipolare, interpolare und submergente Formen.

In der tiergeographischen Litteratur und namentlich in den Erörterungen, welche sich an die Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition angeknüpft haben, spielt das Problem der Bipolarität eine große Rolle, d. h. die Frage, auf welche Weise die Uebereinstimmung, welche das arktische und antarktische Faunengebiet bezüglich vieler Gattungen, Arten und Unterarten zeigen, zu stande gekommen ist.

Wie bekannt, sind zur Erklärung der Bipolarität hauptsächlich drei Hypothesen aufgestellt worden. Zufolge der PFEFFER-MURRAY'schen Hypothese (PFEFFER, 1891; MURRAY, 1896) wären die bipolaren Formen Relikten einer in früheren geologischen Perioden gleichmäßig verbreiteten Warmwasserfauna. Während diese Fauna in den äquatorialen Gegenden eine Weiterbildung und Umformung erfahren habe, sollen die polaren Formen zurückgeblieben oder nur wenig umgebildet sein.

Nach einer zweiten, von ORTMANN (1896) und CHUN (1897, 1904) vertretenen Hypothese würde die Gleichförmigkeit der polaren Faunen auf einer wechselseitigen, in den tiefen, kühlen Wasserschichten der äquatorialen Gebiete sich vollziehenden Mischung der beiden Kaltwassermassen beruhen. Eine Stütze würde diese Annahme erhalten, wenn speciell für planktonische Formen der Nachweis gelänge, daß sie gleichzeitig in den mehr oberflächlichen Schichten der polaren Meere und in den Tiefenschichten der wärmeren Meere vorkommen (interpolare Formen nach meiner Terminologie, s. S. 529), oder daß sie wenigstens in einem der polaren Meere und außerdem in den Tiefen der äquatorialen Gebiete vorkommen (submergente oder

unipolar-submergente Formen, S. 529). In der That sind interpolare Arten unter den Sagitten (Steinhaus, 1896; Chun, 1897, S. 61), interpolare Gattungen unter den Medusen (Maas, 1906, S. 520; 1906a, S. 24) und unipolar-submergente Arten und Gattungen unter den Copepoden (Mraźek, 1902, S. 525)[1]) festgestellt worden. Auch Karsten (1905, S. 26) giebt für die Dauersporen der Diatomeen die Möglichkeit eines Transportes durch kalte Tienfeströmungen zu.

Nach einer dritten, von Meisenheimer (1905) und Maas (1906, 1906a) vertretenen Auffassung sind die bipolaren Formen Abkömmlinge einer ursprünglich äquatorialen Warmwasserfauna und haben sich von den wärmeren Meeren aus unter zunehmender Anpassung an kühlere und kalte Temperaturen nach den Polen ausgebreitet.

Was nun die Radiolarien und insbesondere die Tripyleen anbelangt, so hat sich die schon von Chun (1897) ausgesprochene Erwartung bestätigt, daß unter ihnen Formen gefunden werden, welche gleichzeitig die polaren Meere und außerdem die Tiefenschichten der wärmeren Meeresgebiete bewohnen. Besonders groß ist aber die Zahl der eigentlich bipolaren Vorkommnisse, wie aus folgender Uebersicht hervorgeht, in welcher alle bipolaren, interpolaren und submergenten Formen (Arten und Unterarten) nochmals zusammengestellt sind. Diejenigen Formen, deren Charakter auf Grund einer genügend großen Anzahl von Befunden jetzt schon mit einiger Sicherheit angegeben werden kann, sind mit einem doppelten, diejenigen, für welche nur wenige Daten zur Verfügung stehen, mit einem einfachen Asteriskus versehen.

Aulacanthidae (s. oben S. 527 ff.). a) Bipolar: **Aulacantha laevissima*, vielleicht auch **Aulospathis variabilis diodon*;

b) Interpolar: **Aulodendron antarcticum* (sehr fraglich);

c) Submergent: **Aulographis stellata*, ***Aulospathis pinus*.

Astracanthidae. Von dieser Familie liegen noch keine genügenden, die Horizontalverbreitung betreffenden Daten vor.

Aulosphaeridae. Bipolar: ***Aulosphaera bisternaria septentrionalis* ist eine ausgesprochen bipolare, einerseits in der Antarktis, andererseits in der Irmingersee und im Labradorstrom vorkommende Form (Syst. Teil, S. 115). In den wärmeren Meeren treten für sie einige andere Unterarten *(Aul. b. bisternaria* und *ovulum)* vikarierend ein, in den größeren Meerestiefen wird sie vielleicht durch die sehr derbstachelige *Aul. robusta* vertreten.

***Auloscena verticillus hamata* ist ebenfalls eine bipolare Unterart einer sehr formenreichen Großart. Ob die in den Tropen vikarierenden Unterarten Tiefenbewohner sind, ob also die Großart im ganzen als interpolar zu bezeichnen ist, war nicht zu ermitteln.

***Aulastrum spinosum* ist eine ausgesprochen bipolare Art, welche bisher nur im Labradorstrom (vom „National") und in der Antarktis (vom „Gauß") gefischt worden ist.

Cannosphaeridae. Bipolar: ***Cannosphaera antarctica*, bisher mit Sicherheit nur von der Westküste Grönlands, von der Irmingersee und vom Labradorstrom, sowie von der Antarktis bekannt.

Sagosphaeridae. Bipolar: ***Sagenoscena irmingeriana* und **Sagoscena castra*. Erstere scheint ein ähnliches Verbreitungsgebiet wie *Cannosphaera antarctica* zu besitzen, für letztere ist auch ein Fundort aus dem südöstlichen Pacifik bekannt.

---

1) Vergl. hierzu auch Giesbrecht, 1902, S. 7.

Castanellidae. Bipolar: ** *Castanidium Apsteini*, aus dem nordwestlichen Atlantik, der Antarktis sowie aus dem südlichen Indik bekannt, also einen Uebergang zu den interpolaren Formen bildend; * *Castanidium variabile antarcticum*, anscheinend bipolare Unterart der Großart *Castanidium variabile*.

Circoporidae. Unipolar-submergent: **Haeckeliana irregularis*. Diese Form ist in der Antarktis, im Benguelastrom, im südlichen und nördlichen Indik mittelst sehr tief gehender Schließnetz- und Vertikalnetzzüge erbeutet worden und scheint also in der südlichen Hemisphäre ihr Hauptverbreitungsgebiet zu haben.

Tuscaroridae (s. S. 526). Unipolar-submergent: **Tuscaretta globosa* und **passercula*. Erstere ist in großer Zahl an sechs antarktischen Stationen der „Valdivia", außerdem sporadisch im Benguelastrom und (vom „National") auch im Nordäquatorialstrom, und zwar noch oberhalb des 500 m-Horizontes, letztere an sieben antarktischen Stationen, teilweise in sehr großer Individuenzahl und außerdem sporadisch im nördlichen Indik erbeutet worden. Vielleicht stellt sich für beide Formen bei genauerer Kenntnis ihrer Vertikalverbreitung ein unipolar-submergenter Charakter heraus.

Porospathidae. *Porospathis holostoma* scheint in allen Meeren in gleichen Tiefen vorzukommen.

Challengeridae. a) Bipolar: ***Protocystis tridens* und ***Harstoni*. Beide waren schon vorher aus den nördlichen Teilen des Atlantik und aus dem nördlichen Eismeere bekannt und sind durch die „Valdivia" an zahlreichen Punkten der Antarktis festgestellt worden. Die mir von Herrn Kollegen JÖRGENSEN freundlichst überlassenen Exemplare gestatteten mir, für beide Arten die vollkommene Identität der nordischen und antarktischen Formen festzustellen.

b) Interpolar: Da *Protocystis Harstoni* (Textfig. 150) und *Sloggetti* (Textfig. 149) einem engeren Formenkreis angehören, da sie ferner in den kalten und warmen Meeresgebieten füreinander vikarieren, und da erstere bis über den 100 m-Horizont heraufsteigt, letztere vorzugsweise große Tiefen bevorzugt, so repräsentieren sie zusammen einen Formenkreis von ausgesprochen interpolarem Charakter.

c) Unipolar-submergent: ***Challengeria Naresi* wurde bisher hauptsächlich im antarktischen Gebiet, außerdem aber auch in wärmeren Meeresteilen angetroffen. An einer antarktischen Station wurde sie oberhalb des 300 m-Horizontes, sonst, soweit Schließnetzfänge vorliegen, nur in sehr großen Tiefen erbeutet, so daß sie wohl als unipolar-submergent betrachtet werden darf. Aehnliche Verhältnisse zeigt ***Protocystis Thomsoni*, wenigstens in ihrer dickschaligen Variante, sowie vielleicht **Protocystis Swirei* und **bicornis*. Doch wurden letztere vereinzelt auch im Indik in sehr hohen Horizonten angetroffen.

Medusettidae. Aus dieser, vorzugsweise in den Warmwassergebieten verbreiteten Gruppe sind keine bipolaren Formen bekannt.

Concharidae. ?Unipolar-submergent: **Conchopsis orbicularis* und **pilidium* zeigen eine ganz ähnliche Art der Horizontal- und Vertikalverbreitung, wie die mit ihnen häufig vergesellschafteten Challengeriden, *Challengeria Naresi* und *Thomsoni*, doch liegen bisher keine Funde vor, welche darauf hinweisen, daß diese Conchariden in der Antarktis in höhere Regionen emporsteigen, als in den warmen Meeresgebieten.

Coelodendridae. Bipolare und interpolare Formen sind bisher nicht bekannt. Vielleicht bilden die tropische *Coelographis regina* und die antarktische *C. antarctica* einen Formenkreis von interpolarem oder unipolar-submergentem Charakter. Doch fehlt es noch vollständig an Angaben über die Vertikalverbreitung dieser Arten. Von besonderem Interesse ist die Verbreitung von *Coelechinus wapiticornis*, welche streng auf die Antarktis beschränkt zu sein scheint und hier für eine nicht verwandte, aber konvergente, vorwiegend tropische Art, *Coelodendrum furcatissimum*, eintritt.

Aus dieser Uebersicht ergiebt sich, daß für eine verhältnismäßig große Zahl von Tripyleen, nämlich für 8 gut charakterisierte Arten und Unterarten, die Bipolarität mit ziemlicher Sicherheit, für eine beträchtliche Anzahl anderer Formen mit einiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann. Ferner lassen die beiden nahe verwandten Arten *Protocystis Harstoni* und *Sloggetti* in besonders deutlicher Weise eine interpolare Verbreitung erkennen, und endlich ist zu ersehen, daß mehrere Formen sehr wahrscheinlich, andere möglicherweise als unipolar-submergent zu betrachten sind.

Angesichts der verhältnismäßig großen Rolle, welche die bipolaren Formen unter den Tripyleen spielen, mag es vielleicht berechtigt erscheinen, auch von dieser Organismengruppe aus die verschiedenen, oben aufgezählten Hypothesen zu prüfen und damit an eine Frage heranzutreten, deren endgültige Entscheidung allerdings wohl kaum auf tiergeographischem, sondern auf geologischem und paläontologischem Boden zu erwarten sein wird.

Ebenso wie Meisenheimer beim Studium der „Valdivia"-Pteropoden und Maas bei der Bearbeitung der „Belgica"-Medusen, bin auch ich bezüglich der Radiolarien zu der Vorstellung gedrängt worden, daß die polaren Formen und ebenso die Tiefenbewohner unter zunehmender Anpassung an kühlere und kalte Wassertemperaturen aus einer mehr oberflächlichen Warmwasserfauna hervorgegangen sein müssen.

Die Hauptstütze für diese Ansicht scheint mir in der Thatsache zu liegen, daß, ähnlich wie die meisten Pteropoden und Medusen, so auch die überwiegende Zahl der Radiolarien und insbesondere der Tripyleen mehr oder weniger ausgesprochene Warmwasserbewohner zu sein scheinen oder wenigstens die mäßig kühlen Tiefenschichten der wärmeren Meeresgebiete bevorzugen.

Daß speciell die Aulacanthiden in den warmen Meeresteilen einen besonders großen Formenreichtum aufweisen, ist schon oben (S. 527) hervorgehoben worden. Auch in fast allen anderen Tripyleen-Familien überwiegen die Warmwasser-, bezw. die äquatorialen Tiefenkühlwasserformen, so bei den Aulosphäriden, Castanelliden und Circoporiden. Unter den Tuscaroriden ist, außer den beiden oben (S. 526) herangezogenen, ausgesprochen cirkumtropischen Arten, eine ganze Reihe von anderen Formen nur aus den Tropen bekannt, besonders groß aber ist die Zahl der Warmwasser- und tropischen Kühlwasserformen unter den Challengeriden. Unter den 31 in der „Valdivia"-Ausbeute vorgefundenen Challengeriden-Arten liegt jetzt schon für 12—15 ein genügend großes Material vor, um ihren äquatorialen Charakter erkennen zu lassen, und ähnliche Verhältnisse dürften für die Medusettiden, Conchariden und Coelodendriden gelten. Speciell für die Conchariden hebt auch Borgert (1907) hervor, daß die dem Aequator zunächst

gelegenen Strömungsgebiete, vor allem der Südäquatorial- und Guineastrom, besonders reich an Species sind.

Auch in anderen Radiolarienabteilungen haben offenbar die nämlichen Verhältnisse Geltung. So hat POPOFSKY (1904 a, S. 120, 150) für die Acanthometriden festgestellt, daß ihr eigentliches Verbreitungsgebiet in wärmeren Meeren, und zwar in den oberen, stärker durchwärmten Wasserschichten von 0—400 m, zu suchen ist. Aehnliches gilt nach POPOFSKY (1906) auch für die Acanthophrakten und, wie mein Schüler H. MAST in einer noch nicht veröffentlichten Untersuchung nachwies, für die vielgestaltige Sphärellariengruppe der Astrosphäriden. Letzterer Fund scheint mir für unsere Frage besonders bedeutungsvoll zu sein, weil wir aus zahlreichen fossilen Funden wissen, daß die Astrosphäriden eine sehr alte, schon im Paläozoikum eine große Rolle spielende Formengruppe sind (vergl. IV. Abschnitt).

Angesichts des Umstandes, daß die nordatlantischen und subarktischen Gebiete nachgerade recht gut durchforscht sind, und im Hinblick auf die reiche antarktische Ausbeute der „Valdivia" ist nicht wohl anzunehmen, daß alle diese Ergebnisse durch eine ungleichmäßige Kenntnis der einzelnen Meeresgebiete beeinflußt sind, vielmehr darf wohl die Gesamtauffassung als berechtigt gelten, daß die warmen Meeresgebiete und zwar deren Oberflächenschichten die ursprüngliche Heimat der Radiolarien und speciell der Tripyleen gewesen sein müssen.

Zu einem ähnlichen Resultate führt auch die Thatsache, daß wenigstens in einigen Tripyleengruppen die eigentlichen oberflächenbewohnenden Warmwasserformen sowohl der Größe wie der Form nach die einfachsten Verhältnisse zeigen. Wie nämlich weiter unten ausgeführt werden soll, sind in den betreffenden Abteilungen die Oberflächenformen der warmen Meere in der Regel durch geringe Größe, durch kugelige Gestalt und einfachere Skelettverhältnisse ausgezeichnet, während die tiefenbewohnenden Kühl- und Kaltwasserformen die üblichen Dimensionen der Protozoen bei weitem zu überschreiten und kompliziertere Gestalts- und Strukturverhältnisse anzunehmen pflegen. Ganz besonders schön tritt dieser Gegensatz unter den Cölodendriden hervor.

Endlich erfährt unser Satz in der Beobachtung eine Stütze, daß Formen von weiterer Verbreitung in Misch- und Kaltwassergebieten Entwickelungshemmungen und Verkrüppelungen aller Art aufweisen. So nehmen einige tropische Phäosphärien *(Aulatractus fusiformis, Sagenoarium Chuni)* in Mischgebieten geringere Dimensionen an, was als eine Art Verkümmerung zu deuten ist, da gut angepaßte Kühl- und Kaltwasserformen sonst eher größer als die eigentlichen Warmwasserformen zu sein pflegen. Ferner fanden sich Stachelverbildungen aller Art bei antarktischen Exemplaren von *Aulographonium pulvinatum* (Taf. XLIII, Fig. 317a), *Aulospathis variabilis triodon* (Taf. VII, Fig. 81—82), *Aulosphaera bisternaria* (1904 a, S. 609, Anm. 1), und ganz besonders zahlreiche Monstrositäten und Entwickelungshemmungen weisen die Castanelliden der antarktischen Stationen auf (Taf. XXXVIII, Fig. 289, 291; Taf. XL, Fig. 295, 295a u. a.; vergl. Syst. Teil, S. 144, 148), nach meiner Ansicht ein Fingerzeig dafür, daß diese Formen in dem Kaltwasser der Antarktis nicht mehr vollkommen genügende Existenzbedingungen finden, beziehungsweise daß sie sich der Antarktis erst anzupassen beginnen. Auch bei anderen Organismen, z. B. bei den Brachiopoden (BLOCHMANN, 1908), werden ja Verkrüppelungen mit veränderten Temperaturverhältnissen in Zusammenhang gebracht.

Wenn also die Annahme richtig ist, daß die Oberflächenschichten der Warmwassergebiete dem Radiolarien-Organismus die zunächst am meisten zusagenden Bedingungen darbieten, so darf daraus die weitere Vermutung abgeleitet werden, daß von diesen Gebieten aus unter zunehmender Anpassung an kühlere Temperaturen eine Ausbreitung sowohl in horizontaler als in vertikaler Richtung stattgefunden hat, und daß auf diese Weise einerseits die Tiefenkühl-, andererseits die polaren Kaltwasserformen entstanden sind.

So mögen, wie dies auch MEISENHEIMER für die Pteropoden angenommen hat, auf dem einen Wege, nämlich durch Ausdehnung der horizontalen Grenzen, zunächst Uebergriffe der stenothermen Warmwasserformen in die Mischgebiete stattgefunden haben, so daß es zunächst zur Entstehung von eurythermen Kosmopoliten kam. Während aber bei diesen Formen „mit der zunehmenden Anpassung an kühlere Stromgebiete die Fähigkeit eines Aufenthaltes unter dem Aequator erhalten blieb, und so extrem eurytherme Formen entstanden, bildete sich bei anderen zugleich mit jener Anpassung eine allmähliche Abneigung gegen die wärmsten Stromgebiete heraus“ (MEISENHEIMER), es fand dabei eine immer weiter gehende Differenzierung und Loslösung von den Stammformen und gleichzeitig eine räumliche Entfernung von den äquatorialen Meeresgebieten statt. So entstanden zunächst die bizonären oder Zweigürtelformen, dann aber bei extremer Anpassung an das Kaltwasser die bipolaren Formen. Unter besonderen Bedingungen konnte wohl auch eine Ausbreitung nur gegen den einen Pol hin vor sich gehen, und so entstanden rein antarktische, bezw. rein arktische Formen.

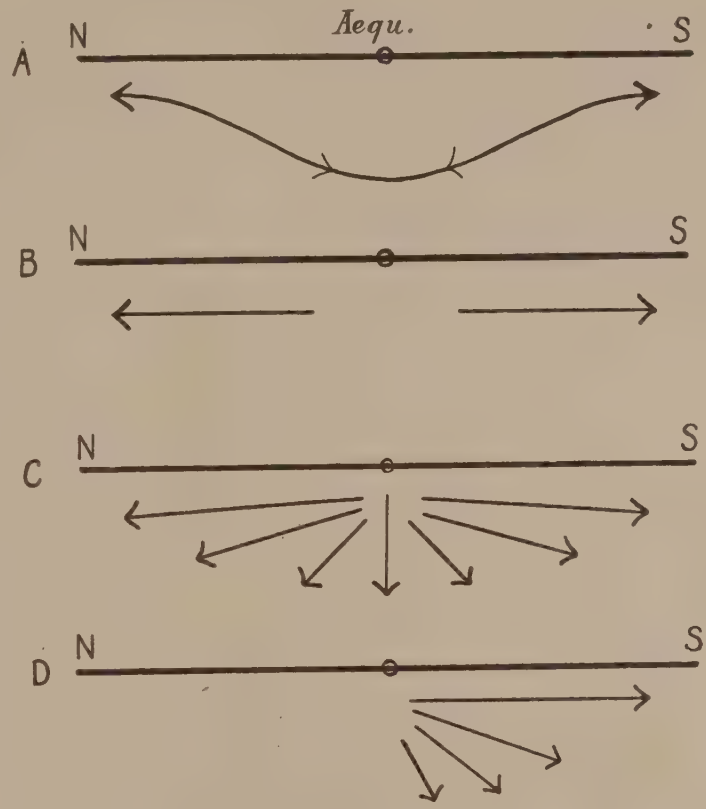


Fig. 151. Längsprofile des Atlantik zur Veranschaulichung der Bipolaritätshypothesen.

Während man sich in Anlehnung an MEISENHEIMER denken könnte, daß die Zweigürtelformen, die bipolaren und die rein antarktischen Formen sich bei zunehmender Anpassung an ein kühleres Medium nur in horizontaler Richtung von den Wohnsitzen ihrer Stammformen fortbewegt haben, dürfte die eigentümliche Verbreitungsweise der interpolaren und der unipolar-submergenten Formen auf eine gleichzeitige vertikale Ausbreitung zurückzuführen sein.

Das beigegebene Schema (Textfig. 151) soll den Gegensatz der ORTMANN-CHUN'schen Hypothese und der hier vorgetragenen Anschauungen in einigen schematischen Längsprofilen, z. B. des Atlantik, veranschaulichen. Fig. a stellt den unterseeischen Austausch dar, wie er sich nach ORTMANN und CHUN zwischen den beiden polaren Gebieten vollzieht. In Fig. b ist die Entstehung der Zweigürtel- und bipolaren Formen, in Fig. c diejenige der interpolaren, und in Fig. d die der unipolar-submergenten Formen nach der von MEISENHEIMER und mir vertretenen Hypothese veranschaulicht.

Der Gegensatz zwischen den beiden Anschauungen tritt besonders bei den interpolaren Formen hervor. Nach CHUN würden die tiefsten Schichten der wärmeren Meeresgebiete von seitwärts, d. h. von den beiden Polarmeeren aus fortdauernd Zuzug erhalten können, während nach meiner Annahme ihre Besiedlung vorzugsweise von den über ihnen gelegenen Horizonten aus erfolgt.

Es ist im übrigen sehr wohl denkbar, daß die Bildung arktischer und antarktischer Formen und insbesondere auch die bipolare Verbreitungsweise innerhalb einer und derselben Gruppe auf verschiedene Weise zu stande gekommen ist, wie dies auch MAAS (1906) für möglich hält und LOHMANN (1905) für die Appendicularien nachzuweisen versucht hat. Auch dürften, wie ich in Uebereinstimmung mit MEISENHEIMER und MAAS annehmen möchte, die Anschauungen, zu welchen die Bearbeitung einer einzelnen Gruppe von Planktonorganismen führt, nicht ohne weiteres auf andere Gruppen übertragbar sein.

Versuche einer Tiefengliederung des Oceans.

Es wurde im Vorstehenden zu zeigen versucht, daß die Radiolarien sehr verschiedene Arten der Horizontalverbreitung aufweisen, und daß dabei die Temperaturverhältnisse eine wesentliche Rolle spielen.

Eine ebenso große Mannigfaltigkeit, wie die horizontale, zeigt auch die vertikale Verbreitungsweise der Radiolarien und insbesondere der Tripyleen, und wie sich bei Betrachtung der Horizontalverbreitung zunächst der Gegensatz zwischen Warm- und Kaltwasserformen aufdrängt, so kommt man auch hinsichtlich der vertikalen Verbreitung zunächst zu der Unterscheidung von Oberflächen- und Tiefenbewohnern. Auch sonst zeigt sich ein Parallelismus zwischen horizontaler und vertikaler Verbreitung: so finden eurytherme und stenotherme Formen ihr Gegenstück in solchen mit weiter und eng begrenzter Tiefenausdehnung (eurybathe und stenobathe Formen nach DAHL, 1894, S. 65); wie ferner in horizontaler, so können auch in vertikaler Richtung bald gut umschriebene Arten, bald wenig voneinander abweichende und ineinander übergehende Unterarten füreinander vikariieren, und vor allem läßt sich, wie unten gezeigt werden soll, der Nachweis führen, daß auch die vertikale Verbreitung in bestimmter Weise die Größen-, Gestalt- und Strukturverhältnisse der Radiolarien beeinflußt.

So legen denn gerade die Tripyleen den Versuch nahe, eine Tiefengliederung des Oceans in eingehenderer Weise, als dies bisher unternommen worden ist, und unter Berücksichtigung der ökologischen Wechselbeziehungen der Planktonorganismen zu begründen.

Die ersten Versuche, welche in dieser Richtung unternommen worden sind, gehen von der Thatsache aus, daß die verschiedenen planktonischen Tiergruppen in den einzelnen Tiefenregionen in verschieden großer Arten- und Individuenzahl auftreten und daß vielfach einzelne Horizonte durch bestimmte Formen charakterisiert erscheinen. Die Einteilung, welche vorgenommen wurde, war dann naturgemäß eine mehr oder weniger willkürliche und nahm, wenigstens direkt, keinen Bezug auf allgemeinere ökologische Verhältnisse. In dieser Weise unterschied z. B. Dahl (1894) auf Grund seiner Copepodenstudien drei Regionen in vertikaler Richtung: eine Oberflächenregion (0—100 oder 200 m), welche die zahlreichsten Arten, einige Gattungen sogar ausschließlich beherbergt, ferner eine mittlere Region (200—1000 m) und eine Tiefenregion (unter 1000 m), welche beide durch besondere Arten charakterisiert sind. In ähnlicher Weise schlägt Fowler (vergl. Thompson, 1898, S. 545, Anm. 5), ausgehend vom Plankton des Färöe-Kanals, eine Dreiteilung vor, indem er ein Epiplankton (0—100 Faden unter der Oberfläche), Mesoplankton (100 Faden unter der Oberfläche bis 100 Faden über dem Boden) und Hypoplankton (100 Faden über dem Grund bis zum Grund) unterscheidet, und ich selbst habe in meiner ersten Mitteilung (1904, S. 138) ebenfalls eine vorläufige Gliederung in drei Schichten (0—400, 400—1000, 1000—5000 m) angenommen.

Die bisherigen Schemata sind rein klassifizierender Art, dagegen haben einige spätere Versuche bereits auf die ökologischen Verhältnisse, vor allem auf die die Gliederung bedingenden äußeren Faktoren Rücksicht genommen.

Einen bedeutsamen Schritt in dieser Richtung hat Lo Bianco (1903) gethan, indem er in Anlehnung an Berthold (1882) und Fuchs (1883) den bestimmenden Einfluß des Lichtes auf die Tiefengliederung des Planktons betont und so nach dem Grade der Durchleuchtung drei Zonen unterscheidet:

1) die sehr lichtreiche Zone, welche von der Oberfläche bis in die Tiefe von etwa 30 m reicht (Zone des Phaoplanktons);

2) die Schattenzone (Dämmerungszone), welche sich von 30 m Tiefe bis zur äußersten Grenze erstreckt, welche der eindringende Lichtstrahl erreicht, also etwa bis zum 500 m-Horizont (Zone des Knephoplanktons);

3) die Dunkelzone, welche von 500 m abwärts bis zu den allergrößten Tiefen reicht, welche als bewohnt bekannt sind (Zone des Skotoplanktons). Wie weit im Mittelmeer diese Zone reicht, läßt sich zur Zeit nicht angeben, da die genaueren, auf den Fahrten des „Puritan" gemachten Beobachtungen, auf denen die Aufstellungen Lo Bianco's vorwiegend beruhen, im ganzen nur etwa bis zur Tiefe von 1500 m gehen.

Formen, welche in allen Schichten zwischen der Oberfläche und den großen Meerestiefen vorkommen (die eurybathen Formen Dahl's), werden von Lo Bianco als panteplanktonisch bezeichnet. Ich werde dafür den grammatikalisch vielleicht richtigeren Ausdruck pamplanktonisch anwenden.

In grundlegender Weise ist sodann der Einfluß des Lichtes auf die Verteilung speciell des Phytoplanktons von dem Botaniker der Deutschen Tiefsee-Expedition, Schimper, und von dem Bearbeiter der „Valdivia"-Diatomeen, Karsten, untersucht worden (vergl. besonders Chun, 1900,

1904; KARSTEN, 1905, 1907)[1]. Speciell für die Antarktis konnte gezeigt werden, daß die Diatomeen (*Chaetoceras, Rhizosolenia, Corethron, Thalassiothrix, Fragilaria* u. a.) in den oberflächlichsten, von 0 bis 20 m reichenden Schichten offenbar ungünstige Lebensbedingungen finden, daß aber dann ihre Masse zunimmt und in einer Tiefe von 40—80 m ihre maximale Höhe erreicht.

Unterhalb dieses Horizontes findet eine starke Abnahme statt, und gleichzeitig treten an Stelle der charakteristischen Oberflächenformen mehr und mehr andere Arten in den Vordergrund. Speciell die zwischen 80 und 200 m lebende, das intensive Licht meidende Flora wird von den Botanikern als „Schattenflora" bezeichnet. Sie besteht in der Antarktis vorzugsweise aus *Coscinodiscus*- und *Asteromphalus*-Arten. Die Massenentwickelung tritt hier, wie gesagt, zurück, dagegen ist ein großer Artenreichtum vorhanden, so daß z. B. die Diatomeen-Gattung *Coscinodiscus* durch etwa 50 Arten vertreten ist (KARSTEN, 1905, S. 15).

Unterhalb 200 m bis etwa zum 400 m-Horizont ist die assimilierende Vegetation äußerst dünn gesät. In noch größerer Tiefe ausgeführte Schließnetzfänge fördern nur noch leere Schalen zu Tage, und zwar sind es nur die Schalen der derbwandigen Formen, insbesondere die Gehäuse von *Fragilaria*, welche während des Herabsinkens der Zersetzung entgehen und bis auf den Boden des 4000—6000 m tiefen antarktischen Meeres gelangen (KARSTEN, 1905, S. 12). Doch hält es KARSTEN für möglich, daß zur Zeit der polaren Winterruhe die schwebenden Dauersporen sich durchweg in größeren Tiefen aufhalten (l. c. S. 31).

In den tropischen Meeren liegen nach KARSTEN ähnliche Verhältnisse vor. Auch hier ist die Hauptmasse des Phytoplanktons in den oberen 200 Metern enthalten, und zwar findet zunächst eine Zunahme bis zum 80 m-Horizont statt. Während aber in der Antarktis die Diatomeen die Hauptmasse dieses reichlichen Oberflächenplanktons bilden, treten in den tropischen Meeren die Peridineen in den Vordergrund.

Von 80 m abwärts bis etwa zum 200 m-Horizont schließt sich auch in den tropischen Meeren eine „Schattenflora" an, in welcher zu den *Coscinodiscus*- und *Asteromphalus*-Arten insbesondere noch die Diatomacee *Planktoniella* und die eine eigene Gruppe von kugeligen Planktonalgen bildende Gattung *Halosphaera* hinzukommt.

In Anlehnung an die Einteilungen von LOBIANCO, SCHIMPER und KARSTEN habe ich selbst später (1906, S. 279) ein vollständigeres Schema von der Tiefengliederung der Radiolarien- und speciell der Tripyleenfauna zu geben versucht, ohne zunächst auf die diese Gliederung bedingenden physikalischen oder ernährungsphysiologischen Faktoren näher einzugehen. Vielmehr lag mir nur daran, einen Parallelismus zwischen der zunächst rein systematischen vertikalen Stufenordnung der Tripyleen und den ökologischen Schemen LO BIANCO's und der Botaniker herzustellen.

Ich gebe hier meine Tabelle in vollständigerer Form wieder, wobei ich für die vierte und unterste Tripyleenstufe die Bezeichnung Nachtzone oder Zone des Nyktoplanktons anwende (1906, S. 277) und die frühere Aufzählung der „Leitformen" in geeigneter Weise ergänze. Eine vollständige Liste der Leitformen wird in einem späteren Kapitel hinzugefügt werden.

In der dritten Kolumne beziehen sich die Tiefenangaben im allgemeinen auf wärmere Meeresgebiete. Für die Antarktis gelten etwas niedrigere Werte, welche zum Teil in eckigen Klammern angegeben sind.

[1] Die Tiefenangaben in den vorläufigen Mitteilungen CHUN's und in der definitiven Darstellung KARSTEN's weichen in kleinen Einzelheiten voneinander ab.

Verteilung des Mittelmeer-Planktons nach Lo Bianco	Verteilung des pflanzlichen Planktons nach den Ergebnissen der Deutschen Tiefsee-Expedition	Verteilung der Radiolarien, insbesondere der Tripyleen
0—30 m: Lichtzone, Zone des Phaoplanktons.	8—80, besonders 40—80 m: Diatomeenschichte. Leitformen: *Chaetoceras*, *Rhizosolenia*, *Thalassiothrix*, *Synedra*.	0—50 m: Collidenschicht. Leitformen: *Collozoum inerme*, *Sphaerozoum punctatum*, *Thalassophysa pelagica*, *Thalassicolla nucleata*; *Auloscena pelagica*, *Cannosphaera antarctica*, *Sagoscena elegans*.
30—500 m: Schattenzone, Zone des Knephoplanktons.	80—200 m: Schattenflora. Leitformen: *Coscinodiscus*, *Asteromphalus*, *Planktoniella*, *Halosphaera*.	50—400 [?50—200] m: Challengeridenschicht. Leitformen: *Challengeria xiphodon*, *Protocystis Swirei*, *P. Harstoni*; *Conchidium terebratula*, *C. rhynchonella*, *Conchoceras caudatum*, *Conchophacus diatomeus*.
500—?: Dunkelzone, Zone des Skotoplanktons.	Mikrosporen von Diatomeen.	400—1500 [?200—1000] m: Tuscarorenschicht. a) 400—1000 m: Pandorastufe. Leitformen: *Aulographis pandora*, *Auloceros arborescens*, *Aulokleptes ramosus*, *Aulacantha scolymantha bathybia*; *Tuscarilla nationalis*, *Tuscaretta globosa*, *tubulosa* und *passercula*; *Protocystis Tizardi*, *P. Sloggetti*. b) 1000—1500 m: Aulospathisstufe. Leitformen: *Aulospathis variabilis*, *Aul. pinus*; *Castanella Sloggetti*, *Castanidium Apsteini*.
Nachtzone, Zone des Nyktoplanktons.	Mikrosporen von Diatomeen?	1500—5000 m: Pharyngellenschicht. Leitformen: *Challengeria Naresi*, *Protocystis Murrayi*, *Pharyngella gastrula*, *Porcupinia cordiformis*; *Conchopsis orbicularis*, *C. pilidium*.

Nahrung der Radiolarien.

Wenn wir uns nun der Frage zuwenden, durch welche Faktoren die Tiefengliederung der Radiolarien hervorgerufen wird, so ist zunächst natürlich die Möglichkeit eines direkten Einflusses des Lichtes auszuschalten. Dagegen ist auf alle Fälle zu erwarten, daß die Vertikalverteilung der Radiolarien von derjenigen ihrer Nahrung einigermaßen abhängig ist, und so müssen wir uns zunächst mit den Ernährungsverhältnissen unserer Protozoengruppe beschäftigen.

In dieser Richtung liegen bis jetzt nur wenige bestimmter lautende Angaben vor. Für die koloniebildenden Formen (Colliden oder Polycyttarien) hat Brandt (1885) den Nachweis führen können, daß die von ihnen beherbergten, extrakapsulären gelben Zellen oder Zooxanthellen überschüssig produzierte Stärke an die Sarkode der Radiolarien abgeben. Inwieweit die koloniebildenden Formen auch von außen Nahrung beziehen, ist zweifelhaft, jedenfalls kommen nach Brandt die Copepoden und anderen größeren Organismen, welche an der Oberfläche gefangener „Qualster" zu kleben pflegen, als Nahrung nicht in Betracht. Es liegen also andere Verhältnisse vor als bei den Foraminiferen, welche sich, wenigstens zum Teil, trotz des Besitzes kommensaler Algen, von Diatomeen, Radiolarien und Copepoden nähren (vergl. Rhumbler, 1901).

Aehnliches dürfte auch für die anderen Radiolarien gelten, bei welchen extra- oder intrakapsuläre Zooxanthellen vorkommen, insbesondere für viele Collodarien, Cyrtellarien und Acanthometren. Es soll gleich hier hervorgehoben werden, daß die Zooxanthellen offenbar nur bei be-

bestimmten Radiolarien auftreten, und daß es möglicherweise verschiedene Algenspecies giebt, die ihrerseits an bestimmte Wirte gebunden sind (vergl. POPOFSKY, 1904a, S. 8). Jedenfalls können die Zooxanthellen innerhalb einer größeren Radiolariengruppe den einen Formen zukommen, den anderen fehlen. So beherbergen z. B., im Gegensatz zu *Thalassicolla* und anderen Collodarien, zwei mediterrane *Thalassolampe*-Arten keine Zooxanthellen (R. HERTWIG), und während sie bei den Acanthometren allgemein verbreitet sein dürften, scheinen sie nur bei wenigen Acanthophracten vorzukommen (R. HERTWIG, POPOFSKY).

Bei den Tripyleen sind bisher keine Zooxanthellen mit Sicherheit festgestellt worden, dagegen tritt uns hier in Gestalt des Phäodiums ein anderer Inhaltsbestandteil entgegen, der mit Recht von den meisten Autoren zu den Ernährungsvorgängen in Beziehung gebracht worden ist.

In seiner typischen Form, nämlich als eine der Astropyle vorgelagerte, dichte Masse von Sekrettropfen und Nahrungsteilen, ist das Phäodium vorzugsweise bei dem Schulbeispiel der Tripyleen, bei *Aulacantha*, und außerdem bei der Mehrzahl der großen Tiefenformen nachzuweisen (Textfig. 106, 123 u. a.). Bei den meisten in den Oberflächenschichten vorkommenden (phao- und knephoplanktonischen) Formen dagegen, so bei sämtlichen Aulosphäriden und Sagosphäriden, ist über die phäodialen Bestandteile des Weichkörpers nur wenig bekannt. Wenigstens ist im konservierten Material das Calymma infolge seiner weichflüssigen Beschaffenheit regelmäßig mit seinen Inhaltsbestandteilen ausgeflossen, und nur in seltenen Fällen findet man einige Phäodellen der Astropyle der Centralkapsel angelagert. Dasselbe gilt für die oberflächenbewohnenden Challengeriden und Conchariden, welche, im Gegensatz zu den mit Phäodium vollgepfropften Schalen ihrer tiefenlebenden Verwandten, nur geringe Reste desselben erkennen lassen (1904, S. 133), ein Unterschied, der neuerdings auch von BORGERT (1907) für die Conchariden bestätigt werden konnte.

Besondere Verhältnisse liegen bei den höher differenzierten Gruppen der Cölodendriden (sens. lat.) vor. Schon HAECKEL (Rep., p. LVII) hat bei diesen die „Galea", d. h. das den Halbschalen aufsitzende bügel- oder amboßförmige Hohlgebilde, als ein besonderes, zur Aufnahme des Phäodiums dienendes Receptaculum gedeutet. Thatsächlich findet man, wenigstens bei den hochspecialisierten Gattungen aus der Unterfamilie der Cöloplegminen, den größten Teil der Phäodellen in der Regel im Innern der Galeae gelagert (Textfig. 124), indessen dürfte doch, wie die vergleichende Betrachtung der niederen und höheren Typen lehrt (S. 349 ff.), die Hauptfunktion der Galea in ihren mechanischen Leistungen zu suchen sein, während ihre Aufgabe als Verdauungshöhle als eine sekundär hinzugekommene Nebenfunktion zu betrachten ist. Demgemäß wird auch ihre charakteristische Gestalt im wesentlichen durch die äußeren und inneren statischen Verhältnisse des Cölodendridenkörpers bedingt, und nur in gewissen Einzelheiten, so in der rohrartigen Differenzierung der Rhinocanna, macht sich die Nebenfunktion in formbestimmender Weise geltend.

Nicht bloß bei den Tripyleen finden sich Phäodellen, vielmehr habe ich Gebilde ganz ähnlicher Art auch im Pseudopodienmutterboden der tiefenbewohnenden *Oroscena regalis* (Taf. LXXVIII, Fig. 552) beobachtet, und nach den Untersuchungen von H. MAST sind auch bei einigen Astrosphäriden aus den Gattungen *Spongosphaera* und *Digmosphaera* derartige Körper ein regelmäßiges Vorkommnis.

Bau und Funktion der Phäodellen.

Ueber den Bau der Phäodellen speciell der Tripyleen haben neuerdings hauptsächlich KARAWAJEW (1895) und BORGERT (1900) genauere Angaben gemacht. KARAWAJEW und besonders BORGERT haben das Verdienst, zum ersten Male streng zwischen den eigentlichen Phäodellen, d. h. den tröpfchenartigen Erzeugnissen des Radiolarienkörpers selber, und den von außen herrührenden Einlagerungen (Protophyten, Protozoen, Copepodeneier, ? Kohlenpartikelchen u. s. w.) unterschieden zu haben. Erstere sind, wie BORGERT gegenüber KARAWAJEW feststellt, jedenfalls nicht-protoplasmatischer Natur, jedoch konnte auch BORGERT keine genaueren positiven Angaben über Zusammensetzung und Wesen dieser Gebilde machen. Auf Grund eines bestimmten Einzelbefundes glaubt er aber zeigen zu können, daß die Phäodellen endoplasmatischen Ursprunges sind (1900, S. 264).

Ebensowenig wie über die Frage nach dem Bau der Phäodellen sind die Akten bezüglich ihrer Funktion geschlossen. Während R. HERTWIG (1879, S. 99) den Eindruck gewonnen hat, daß die unregelmäßigen, das Phäodium zusammensetzenden Substanzbrocken halb assimilierte Nahrungsteile darstellen, wurde von HAECKEL vermutungsweise, von KARAWAJEW und BORGERT in bestimmterer Fassung die Auffassung vertreten, daß es sich um Eigengebilde des Tripyleenkörpers handle, welche indessen ebenfalls zur Assimilation der Nahrung in enger Beziehung stehen (vergl. die Diskussion des Gegenstandes bei HAECKEL, Rep., p. 1536, und bei BORGERT, 1900, S. 260 ff.).

Fig. 152. *Phaeocolla valdiviae*. *a—d* die successive Umwandlung der Phäodellen darstellend.

Das wundervoll konservierte Material der „Valdivia“ hat auch für das Studium des Phäodiums einige neue Anhaltspunkte gewährt. Diejenigen Objekte, welche mir bei der Untersuchung in erster Linie Dienste geleistet haben, sind die Phäocollen, die Aulacanthiden und Tuscaroriden.

Die skelettlose, zweikapselige *Phaecolla valdiviae* (Textfig. 152) bot insofern besonders günstige Verhältnisse, als die Nahrungsteile und Phäodellen eine regelmäßige örtliche Anordnung aufweisen, welche auf eine bestimmt gerichtete Cirkulation und eine stufenweise, während derselben vor sich gehende Umwandlung schließen läßt. In der Mitte der herzförmigen Körperscheibe, zwischen den beiden Centralkapseln, finden sich vorzugsweise freie, d. h. nicht von Phäodellensubstanz umhüllte Nahrungsteile, Diatomeenpanzer und Diatomeensporen, vor. Gegen den oralen Rand zu sieht man die letzteren mehr und mehr von kleineren, dunkel tingierbaren Sekrettropfen eingeschlossen (Textfig. 152 *a*), längs der seitlichen Scheibenränder folgen dann größere, blassere Tropfen *(b)* und am aboralen Rande sehr große Gallertvakuolen *(c)*, sowie die von anderen

Autoren beschriebenen „gefalteten Membranen“ *(d)*, d. h. in diesem Fall wohl ausschließlich Vakuolen, welche unter der Wirkung der Reagenzien eine künstliche Deformierung erfahren haben. (In anderen Fällen, z. B. bei den Tuscaroren, handelt es sich bei den „gefalteten Membranen“ zum Teil um geschrumpfte Ei- und Cystenhüllen verschiedener Organismen.) „Hier ist mit Sicherheit zu erkennen, daß die aufgenommenen Nahrungsteile in den mittleren Partien des Weichkörpers von wahrscheinlich schleimartigen Sekrettropfen umschlossen werden, und daß die so gebildeten Phäodellen während der Verdauung der Nahrung und unter gleichzeitiger Ueberführung des Sekretes aus einem tingierbaren, vielleicht mehr schleimigen, in einem blassen, gallertigen Zustand, in einer Art von „Fontänenstrom“[1]) nach den seitlichen Rändern und schließlich nach dem Hinterrande der Weichkörperscheibe befördert werden“ (1907, S. 153).

Zu der Annahme, daß die Substanz der Phäodellen in den Anfangsstadien schleimiger Natur sei, bin ich hauptsächlich durch die Erfahrungen hingeführt worden, welche ich vor längerer Zeit an der Epidermis der Polychätenlarven gemacht habe[2]). Hier finden sich nämlich bei verschiedenen Formen alle Uebergänge zwischen den einzelligen Schleimdrüsen mit stark tingierbarem Sekret und den mit Gallerte angefüllten Skelettzellen, welche, wie schon HATSCHEK und KLEINENBERG erkannten, die Funktion eines larvalen Stützgewebes haben und besonders bei pelagischen Formen reichlich entwickelt sind.

Um eine weitere Stütze für meine Vermutung zu erhalten, habe ich bei Formen, welche mir in größerer Anzahl zur Verfügung standen, einige specifische Schleimfärbungen vorgenommen, und zwar wurde sowohl Sublimat-, als Chromosmiumessigsäure-Material mit P. MAYER's Mucikarmin und Muchämateïn[3]), sowie mit SUSSDORF's[4]) Methylenblaufärbung tingiert. Im Gegensatz zu der Angabe BORGERT's, daß sich die Phäodellen von *Aulacantha* im Unterschied vom Protoplasma fast vollkommen indifferent gegen Farbstoffe verhalten, zeigten erstere, speciell bei Sublimatmaterial von Aulacanthiden sehr distinkte Färbungen, und zwar wurden sie durch Mucikarmin großenteils lebhaft rosa, durch Muchämateïn trübviolett, durch Methylenblau blau gefärbt, während in allen drei Fällen Kern und Intrasarkode infolge kräftiger Differenzierung nur schwach gefärbt waren. Im FLEMMING-Material zeigten jeweils nur einige Phäodellen die charakteristischen Farben, während die Mehrzahl die gelbe oder grüngelbe Chromsäurefärbung beibehielt. Alles in allem dürften also die Färbungsversuche der Ansicht mindestens nicht widersprechen, daß die Phäodellensubstanz in gewissen Zuständen schleimartiger Natur ist.

So sehe ich denn in der That keine Veranlassung, die Anschauung, welche ich 1907 bezüglich der substantiellen Beschaffenheit der Phäodellen von *Phaeocolla* geäußert habe, zu modifizieren, vielmehr scheinen mir nicht bloß die für *Phaeocolla* beschriebenen Anordnungsverhältnisse, sondern auch die Färbungsreaktionen die Hypothese recht wahrscheinlich zu machen, daß die Phäodellen schleimartige Sekrettropfen sind, welche sich nach und nach in eine gallertartige Substanz umwandeln.

---

1) Die Bezeichnung „Fontänenstrom“ ist von RHUMBLER (Arch. f. Entw.-Mech., Bd. VII, 1898) für die in der Mittelachse des Körpers von hinten nach vorn rückende und am Vorderrande nach beiden Seiten abfließende Körnchenströmung, wie sie sich bei manchen Amöben findet, angewandt worden.

2) Vergl. V. HÄCKER, Pelagische Polychätenlarven. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LXII, 1896, S. 156, Taf. IV, Fig. 23 u. a.

3) Vergl. A. B. LEE und P. MAYER, Grundzüge der mikroskopischen Technik, 2. Aufl., Berlin 1901, S. 414.

4) Deutsche Zeitschr. Tiermed., Bd. XIV.

Eine andere Frage ist es, ob diese Flüssigkeitstropfen wirklich, wie aus den Befunden bei *Phaeocolla* ebenfalls hervorzugehen scheint, eine wichtige Rolle bei der Verdauung der aufgenommenen Nahrungsbestandteile spielen, ob sie also den „Verdauungsvakuolen" anderer Protozoen vergleichbar sind. In diesem Falle wäre anzunehmen, daß sie irgendwelche Enzyme enthalten. BORGERT hat sich diese Frage ebenfalls vorgelegt, er glaubte jedoch, daß sie durch den von ihm geführten Nachweis der nichtprotoplasmatischen Natur der Phäodellen bereits im negativen Sinne entschieden sei. Dies trifft indessen nach meiner Meinung nicht zu, denn es ist bekannt, daß in den Verdauungssäften höherer Tiere, vor allem in der Galle der Wirbeltiere, Mucine und Enzyme nebeneinander vorkommen. So stände wohl der Ansicht nichts im Wege, daß die Phäodellen in ihrem schleimigen Substrat Enzyme gelöst enthalten, und vielleicht gelingt es doch einmal, solche aus frischem Material zu extrahieren. Im Hinblick auf die Bilder, welche *Phaeocolla* und, wie wir sehen werden, auch die übrigen Tripyleen zeigen, liegt jedenfalls die Vermutung sehr nahe, daß die Phäodellen thatsächlich die Funktion von „Verdauungsvakuolen" haben.

Anfangs- und Endzustände der Phäodellen. BORGERT (1900, S. 264) teilt mit, daß er gelegentlich sowohl im astropylären Teil des Endoplasmas von *Aulacantha* als auch außerhalb der Astropyle kleine, nicht-tingierbare Körnchen beobachtet habe, welche wohl als Vorstufen der Phäodellen zu deuten seien. Außerdem habe er bei einem Individuum in der Intrasarkode richtige Phäodellen gefunden, die sich in nichts von den außerhalb der Centralkapsel gelegenen Gebilden unterscheiden. Beide Befunde führten BORGERT zu der Ansicht, daß das Endoplasma die Bildungsstätte für die Phäodellen sei.

Auch in meinem Aulacanthiden-Material fanden sich nicht selten innerhalb des Endoplasmas kleine körnchenförmige Einlagerungen, welche vielleicht mit den von BORGERT beobachteten identisch sind. Doch halte ich es nicht für nötig, aus diesen Vorkommnissen eine intrakapsuläre Entstehung der Phäodellen abzuleiten, selbst dann nicht, wenn sich genau die nämlichen Gebilde in der Extrasarkode vorfinden würden. Es wäre ja sehr gut möglich, daß bestimmte Stoffwechselprodukte sowohl im intra-, wie im extrakapsulären Plasma ihre Entstehung nehmen, ohne daß eine Ueberwanderung in geformtem Zustand stattzufinden braucht. So habe ich keine Anhaltspunkte für eine Bestätigung der BORGERT'schen Annahme finden können, insbesondere sind mir weder bei den Aulacanthiden, noch bei irgend einer anderen Tripyleengruppe endoplasmatische Phäodellen begegnet [1]).

Um selber zu bestimmteren Vorstellungen bezüglich der Entstehung der Phäodellen zu gelangen, habe ich mein Augenmerk auf solche junge Tiere gerichtet, bei welchen mindestens ein Teil des Phäodiums in Neubildung begriffen war. Es zeigte sich, daß in derartigen Entwickelungsstadien die Phäodellen einerseits ein besonders starkes Tinktionsvermögen besaßen, andererseits überhaupt keine oder nur ganz vereinzelte Fremd-

1) Eine dritte Art von endoplasmatischen Inhaltskörpern, welche KARAWAJEW und BORGERT bei *Aulacantha* gefunden haben (vergl. BORGERT, 1900, S. 248), die sogenannten „bläschenförmigen Einschlüsse", sind sehr häufig bei allen untersuchten Aulacanthiden zu beobachten, und zwar nicht bloß in den Prophasen der Teilung, in welchen sie von BORGERT hauptsächlich festgestellt wurden, sondern nicht selten auch im „Ruhestadium" der Centralkapsel. Es zeigen diese Gebilde eine große Aehnlichkeit mit gewissen Formen der bei Collodarien und Sphärellarien regelmäßig vorkommenden Konkretionen, und so möchte ich sie in Uebereinstimmung mit BORGERT als Ausscheidungsprodukte oder, besser vielleicht, als Reservestoffe betrachten.

körpereinschlüsse aufwiesen, zwei Merkmale, welche sich mit der oben vertretenen Hypothese in recht guten Einklang bringen lassen.

So fanden sich bei einem jugendlichen Exemplar von *Challengeria Naresi* mit weichhäutiger, färbbarer Schale (Taf. LII, Fig. 430) im extrakapsulären Plasma („Neoplasma") nur sehr wenige, großenteils stark färbbare und der Einschlüsse entbehrende Phäodellen, welche, ähnlich wie man es vielfach bei Nukleolen sieht, von einem hellen, durch Schrumpfung entstandenen Hof umgeben waren.

Noch deutlicher tritt die Beschaffenheit junger Phäodellen bei einem Exemplar von *Planktonetta atlantica* mit 3 Centralkapseln hervor. Das Phäodium dieses in Fortpflanzung begriffenen Individuums ist im Gegensatz zu dem Phäodium anderer *Planktonetta*-Exemplare (s. unten) nahezu vollkommen frei von Fremdkörpereinschlüssen und besteht aus dicht gedrängten, großenteils färbbaren, rundlichen Phäodellen, welche in der unten zu beschreibenden Weise alle Uebergänge teils zu den pigmentierten Typen, teils zu den „gefalteten Membranen" zeigen (Taf. LXXXVII, Fig. 606). Speciell in dem Zwischenraum zwischen den beiden, außerhalb der Schale gelegenen Enkelkapseln, also offenbar in neugebildetem Plasma, waren zahlreiche, tief tingierbare Phäodellen eng zusammengedrängt, wie dies, allerdings in nicht sehr ausgesprochener Weise, auch auf dem früher abgebildeten Schnitte (Taf. LIX, Fig. 459) hervortritt.

Beide Befunde weisen, ebenso wie die Beobachtungen an *Phaeocolla,* darauf hin, daß die Phäodellen in statu nascendi ein besonders hohes Maß von Färbbarkeit besitzen und zunächst noch frei von Einschlüssen sind. Es spricht dies alles für die Annahme, daß die Phäodellen als schleimartige Sekrettropfen in der extrakapsulären Sarkode ihre Entstehung nehmen, um sodann, sei es nach Aufnahme von Fremdkörpern, sei es ohne eine solche, in die gleich zu besprechenden Modifikationen und Endstadien überzugehen.

Die allmähliche Umwandlung der Phäodellen habe ich hauptsächlich bei *Phaeocolla* (Textfig. 152; Taf. XLII, Fig. 302), bei den Planktonetten (Taf. LXXXVII, Fig. 606) und bei den Tuscaroren (Taf. LXXXVI, Fig. 601), aber auch bei Aulacanthiden (Taf. LXXXVI, Fig. 602) und anderen Formen verfolgen können. Die Neubildung kann nach verschiedenen Richtungen hin vor sich gehen, und daraus erklärt sich das außerordentlich mannigfaltige und unregelmäßige Bild, welches das Phäodium der Tripyleen im allgemeinen darbietet. Die wichtigsten Modifikationen und Endstufen sind folgende:

a) Pigmentierte Phäodellen. Es lassen sich unter den Phäodellen, insbesondere unter solchen, welche keine Einschlüsse enthalten, alle Uebergangsstufen vom unpigmentierten, aber künstlich tingierbaren zum natürlich gefärbten Zustand nachweisen, und zwar findet man entweder, daß die Tingierbarkeit abnimmt und an Stelle der künstlichen Farbe eine diffuse gelbliche, bräunlichgelbe oder grünlichgelbe Färbung zum Vorschein kommt (Taf. LXXXVII, Fig. 606 *a* und *b*), oder daß in den schwächer oder gar nicht mehr tingierbaren Phäodellen körnige Pigmente auftreten, oder daß gleichzeitig die diffuse und die körnige Pigmentierung Platz greifen.

Die als Pigmentkörnchen zu deutenden Einlagerungen haben eine verschiedene Größe und Farbe. Insbesondere wurden innerhalb der Familie der Tuscaroriden bald rundliche, schwarze, bald stäbchenförmige, rotbraune Körnchen angetroffen.

Während in vielen Fällen die Pigmentnatur dieser Einlagerungen kaum zu bezweifeln war, wurden auch „kleinere und größere schwarze Brocken, die wie Kohlenpartikel aussehen" (BORGERT, l. c. S. 265), gefunden, also Gebilde, welche möglicherweise den Fremdkörpereinschlüssen zuzuzählen sind.

b) Gallertkugeln, geschichtete und gefaltete Phäodellen. Es war mir zuerst bei *Phaeocolla* (Textfig. 152) aufgefallen, daß die färbbaren Phäodellen längs der Peripherie der Weichkörperscheibe allmählich in größere, blässere Gebilde übergehen, welche ich, namentlich im Hinblick auf ähnliche Umwandlungsprozesse bei pelagischen Polychätenlarven, als Gallertkugeln deuten möchte. Schon diese Gallertkugeln von *Phaeocolla* weisen vielfach an ihrer Oberfläche Faltungen und Runzelungen auf und führen so ihrerseits hinüber zu den bei anderen Formen sehr zahlreich auftretenden, schon von KARAWAJEW und BORGERT beschriebenen geschichteten und zusammengefalteten Bildungen, welche, soweit es sich nicht um Ei- und Cystenhüllen handelt (s. unten), stets als besonders große, ursprünglich geschichtet gebaute Phäodellen zu betrachten sind, die sich infolge der schrumpfenden Wirkung der Reagenzien in der Regel in Form von vielfach gefältelten Lamellenpaketen darstellen.

Auch bei anderen Tripyleen lassen sich alle Uebergänge nachweisen zwischen den kleinen, rundlichen, dunkel tingierbaren Phäodellen, den größeren, nur an der Oberfläche gerunzelten, blässeren Gebilden und den teilweise zu großen Dimensionen angeschwollenen, meist nur sehr schwach färbbaren geschichteten und gefalteten Bildungen. Beispiele hierfür finden sich namentlich bei den Planktonetten (Taf. LXXXVII, Fig. 606 *c—e*) und Tuscaroren (Taf. LXXXVI, Fig. 601 *a—c*), bei welchen jeder Schnitt die ganze Skala von Zwischenstufen aufzuweisen pflegt. Es dürfte also keinem Zweifel unterliegen, daß zwischen den jungen, stark färbbaren Phäodellen und den geschichteten und gefalteten Körpern ganz allgemein die bei den Phäocollen ermittelten genetischen Zusammenhänge bestehen.

c) Zusammengesetzte Phäodellen. Die größeren Phäodellen können sehr häufig einen zusammengesetzten Charakter annehmen, in der Weise, daß entweder mehrere Phäodellen von ungleicher Beschaffenheit miteinander zusammenfließen (Taf. LXXXVI, Fig. 601 *d*) oder daß kleinere Phäodellen oder kleinere geschichtete und gefaltete Körper als Einschlüsse größerer, schwach färbbarer, mit Fremdkörpern beladener Bildungen erscheinen. So kommt es zur Entstehung mächtiger gewöllartiger Ballen, welche speciell bei den tiefenbewohnenden *Conchopsis*-Arten halb so groß wie die Centralkapseln sein können. Wie viel bei der Entstehung dieser zusammengesetzten Phäodellen künstlicher Natur und auf Rechnung der Fixierung zu setzen ist, kann natürlich nicht mit Sicherheit entschieden werden, doch habe ich den Eindruck gewonnen, daß mindestens in sehr vielen Fällen die komplexen Körper keine Artefakte sind, sondern natürliche Verhältnisse zur Darstellung bedingen.

Fremdkörpereinschlüsse. Wie schon von meinen Vorgängern festgestellt wurde, befinden sich im Phäodium zwischen den eigentlichen Phäodellen Fremdkörper in Gestalt von Diatomeenpanzern, Copepodeneiern u. s. w. eingelagert. Es ist jedoch, soviel ich sehe, bis jetzt noch nicht auf die Thatsache genügend aufmerksam gemacht worden, daß derartige Fremdkörper bei allen Tripyleen auch in einem großen Teil der Phäodellen eingeschlossen sind, ja daß man zuweilen mehr eingeschlossene, als freie Fremdkörper findet. Es sei zunächst zur vorläufigen Orientierung kurz auf die Abbildungen hingewiesen: in dem in

Taf. LXXXVI, Fig. 602 abgebildeten Phäodium eines *Aulacantha*-Exemplars sieht man in einzelnen größeren, blassen Phäodellen *(d)* zahlreiche kleine, von einer Membran umhüllte und mit einem oder zwei färbbaren Mittelflecken versehene Körper, welche man wenigstens zum Teil als Mikrosporen von Diatomeen oder anderen Algen zu deuten berechtigt sein wird; andere Phäodellen *(a)* beherbergen zellige Gebilde, welche in unverkennbarer Weise ältere Entwickelungsstadien von Algensporen darstellen; im Phäodium der Tuscaroren (Taf. LXXXVI, Fig. 601) pflegen in zahlreichen Phäodellen (*b*, *c*, *e* u. a.) Diatomeenschalen, insbesondere *Coscinodiscus*-Panzer, in einzelnen auch Dictyochidenskelette eingeschlossen zu sein; in den Phäodellen einer *Nationaletta* (Taf. LXXXVII, Fig. 607) fand ich massenhafte kleine, gleichmäßig gebaute Stäbchen, welche als Fremdkörper unbekannter Herkunft, möglicherweise aber auch als Konkretionen zu deuten sind, und in demselben Phäodium war eine große spindelförmige Phäodelle enthalten, welche sich in ganz ähnlicher Weise wie eine *Amoeba verrucosa* an einen Oscillarienfaden, an eine *Aulacantha*-Nadel angelegt hatte und offenbar im Begriff war, diese in sich aufzunehmen (Taf. LXXXVII, Fig. 607 *a*).

Wir haben also nach dem Bisherigen zwischen den „freien“ und den von den Phäodellen eingeschlossenen Fremdkörpern zu unterscheiden, und es erhebt sich zunächst die Frage, ob es sich hierbei um mehr zufällige oder um physiologisch bedeutungsvolle Unterschiede handelt. Schon bei den Phäocollen konnte festgestellt werden, daß die freien Phäodellen hauptsächlich in der Mitte der Weichkörperscheibe zwischen den beiden Centralkapseln gelagert sind, und diese Anordnungsweise führte zu der Vorstellung, daß die von den Pseudopodien eingebrachten Fremdkörper zunächst in die centralen, den beiden Stoffwechselcentren benachbarten Sarkodepartien geschafft werden und dann, von Phäodellen umschlossen, in den peripheren Cirkulationsstrom hineingelangen. Streng zu beweisen sind natürlich diese Beziehungen nicht, und bei den Aulacanthiden bin ich in der That auf Anordnungsverhältnisse gestoßen, welche, wenigstens bei dieser Tripyleengruppe, einen etwas anderen Verlauf der Dinge als möglich erscheinen lassen.

Es war mir zuerst bei einem aus T.-St. 149 stammenden Exemplar von *Aulographis tetrancistra* aufgefallen, daß der Weichkörper geradezu vollgepfropft war mit den Kieselskeletten anderer Planktonorganismen. Die Fig. 605 (Taf. LXXXVII) zeigt einen Teil dieses „Silikophäodiums“: man sieht in überragender Zahl die spindelförmigen Gehäuse von *Fragilaria*, *Coscinodiscus*-Schalen und andere Diatomeenreste, außerdem aber die Skelette von Dictyochiden und verschiedene auffallend gut erhaltene Radiolarienskelette, so eine Cyrtoidee, welche dem HAECKEL'schen *Stichopilium* (Rep., Taf. LXXVII, Fig. 9) nahesteht (a), und andere Formen, welche an *Peromelissa* (Syst. Teil, Taf. LXXXIV, Fig. 582) erinnern (b).

Es war mir, da es sich um ein etwas deformiertes Exemplar handelte, nicht möglich, die genauen Lagebeziehungen zwischen diesen massenhaften kieseligen Einlagerungen und den beiden Centralkapseln festzustellen. Dagegen konnte ich wiederholt bei antarktischen Exemplaren von *Aulographis pandora* und *Aulospathis variabilis*, insbesondere auf Schnittpräparaten, sehr regelmäßige Anordnungsverhältnisse nachweisen. Bei mehreren Exemplaren von *Aulographis pandora* fanden sich nämlich im nächsten Bereich der Astropylen der beiden Centralkapseln die eigentlichen Phäodellen, und diesen wieder war jeweils eine Anhäufung von Kieselskeletten vorgelagert. Bei einigen antarktischen *Aulospathis*-Exemplaren (Textfig. 153) dagegen waren die Phäodellen

außer in der Nachbarschaft der Astropyle auch längs der Flanken der Centralkapsel verteilt, und die Kieselskelette waren in dichten Massen auf die Parapylenseite der letzteren konzentriert.

Es fragt sich, ob in diesen Fällen die Fremdkörper als frisch aufgenommene Nahrungsteile, welche der Umschließung durch die Phäodellen und der Verdauung noch harren, oder umgekehrt als beiseite geschaffte Depots von unverdaulichen Nahrungsresten aufzufassen sind. Ich kann diese Frage nicht entscheiden, habe aber im ganzen den Eindruck gewonnen, als ob die letztere Deutung die richtige sei. Vielleicht ist in diesem Falle anzunehmen, daß die Kieselskelette nur scheinbar ganz frei in den Weichkörper des Radiolars eingelagert sind, daß sie vielmehr im natürlichen Zustand von sehr dünnflüssigen Gallertvakuolen, d. h. den vorher besprochenen Endzuständen der Phäodellen, eingeschlossen und daß diese Gallertvakuolen bei der Konservierung zusammengeflossen sind.

Fig. 153. Centralkapsel und Phäodium eines antarktischen *Aulospathis*-Exemplares.

Besondere Vorkommnisse. Um etwaige Beziehungen des Phäodiuminhalts zur Horizontal- und Vertikalverbreitung nachweisen zu können, empfiehlt es sich zunächst, bei den einzelnen, größeren Tripyleenabteilungen einen Rundgang zu machen und einige besondere Fremdkörpervorkommnisse hervorzuheben.

Bei den Aulacanthiden bilden, wie bei den meisten anderen Formen, Diatomeenpanzer, insbesondere *Fragilaria*- und *Coscinodiscus*-Gehäuse die häufigsten, deutlich erkennbaren Fremdkörpereinschlüsse. Sie treten namentlich bei vielen antarktischen Exemplaren in großer Menge auf. Seltener (besonders in T.-St. 149) fanden sich Reste von *Asteromphalus*, von Dictyochiden und von verschiedenen Radiolarien vor, von welch' letzteren vereinzelte Cyrtoideen (*Stichopilium-*, *Lithomelissa-* und *Peromelissa*-ähnliche Formen) mit einiger Sicherheit diagnostiziert werden konnten (Taf. LXXXVII, Fig. 605). Ferner kamen mehrfach Tripyleen-Gehäuse vor: so in einer *Aulographis pandora* (T.-St. 149) eine offenbar neue Challengeride, welche der *Protocystis Murrayi* einigermaßen ähnlich ist (Schalendurchmesser 0,08 mm), in einem anderen Exemplar derselben Art

(T.-St. 73) eine *Porospathis* und in einem Exemplar von *Aulospathis* (T.-St. 149) eine *Protocystis bicornis*. Bei einer *Aulocoryne zetesios* wurden als ein sehr vereinzeltes Vorkommnis (siehe: Cölodendriden) *Globigerina*-Schalen vorgefunden. Es ist sehr auffallend, daß im Phäodium der Aulacanthiden, ebenso wie in demjenigen anderer Formen die Gehäuse von Tripyleen eine so spärliche Rolle spielen. Trotzdem z. B. in der Antarktis die Challengeriden teilweise massenhaft aufzutreten scheinen, habe ich in vielen Dutzenden in Schnittserien zerlegter, antarktischer Aulacanthiden nur die oben aufgezählten Tripyleen-Exemplare gefunden. Da niemals Peridineen und nur ganz vereinzelt Foraminiferen im Phäodium vorkommen, so scheint es also, daß die Aulacanthiden und die Tripyleen überhaupt einen ausgesprochen herbivoren Charakter besitzen, und daß das Vorkommen von Cyrtoideen- und Tripyleen-Gehäusen im Phäodium mehr zufälliger Art ist.

Von großem Interesse ist der Inhalt des Phäodiums einer in T.-St. 43 (mit dem Vertikalnetz) erbeuteten *Aulacantha scolymantha typica* mit 4 Centralkapseln (Taf. LXXXVI, Fig. 602), und zwar deshalb, weil es zahlreiche, prachtvoll konservierte, offenbar frisch aufgenommene Algensporen in verschiedenen Teilungsstadien enthielt. Ich kann mir nicht versagen, auf diese Befunde genauer einzugehen, da sie vielleicht in diesem oder jenem Punkte eine willkommene Ergänzung zu den von KARSTEN an *Corethron* gemachten Beobachtungen bilden und einen interessanten Einblick in das Kleinleben des Planktons gewähren.

Ich schicke zunächst die Beschreibung voraus, welche KARSTEN von der Mikrosporenbildung und Keimung von *Corethron Valdiviae* giebt (1905, S. 107 ff., Taf. XIV):

Innerhalb der Mutterschale entstehen hier durch successive Kernteilungsvorgänge die Kerne der Mikrosporen (Taf. XIV, Fig. 2, 3). Aus den geöffneten *Corethron*-Zellen schlüpfen dann die Mikrosporen, von einer Schleimmasse eingeschlossen, aus, worauf eine Vereinigung zweier oder mehrerer Schleimmassen und im Inneren derselben die Kopulation von Mikrosporen ungleichnamiger Abstammung erfolgt. Die Zygoten wachsen innerhalb der Schleimmassen heran und keimen, indem sie durch Teilung zwei zweikernige Tochterzellen entstehen lassen (Taf. XIV, Fig. 6, 7 a). In jeder Tochterzelle wird der eine Kern zum Großkern, der andere zum Kleinkern (Fig. 7 b—e). Mit Beginn der Schalenbildung (Fig. 5 e) verschwindet der Kleinkern; Borsten, zweite Schale und Gürtelband bilden sich hervor, und so entsteht eine kleine, aber vollständige *Corethron*-Zelle.

Ob nun die in meinem *Aulacantha*-Exemplar aufgefundenen Entwickelungsstadien sämtlich einer und derselben Algenform angehören und welches Genus im speciellen in Betracht kommt, läßt sich natürlich nicht mit Sicherheit entscheiden. Immerhin ist die Reihe, zu welcher sich die Bilder, wie von selber, zusammenschließen, so kontinuierlich, daß mir ihre genetische Zusammengehörigkeit sehr wahrscheinlich zu sein scheint, und außerdem ist die Aehnlichkeit der Stadien mit den von KARSTEN gegebenen Bildern so groß, daß ich mit Bestimmtheit glauben möchte, daß es sich um die Entwickelung von Diatomeen handle. Da ferner in dem betreffenden *Aulacantha*-Exemplar sich mehrere größere *Coscinodiscus*-Schalen (Fig. 602 *b*) vorfanden, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß unsere Stadien in den Entwickelungskreis einer *Coscinodiscus*-Art gehören.

Der Konservierungszustand war ein vorzüglicher. Das Fixierungsmittel war nicht angegeben, doch handelte es sich wahrscheinlich um Sublimat. Bei Eosin-Hämatoxylinfärbung hatten das Plasma der Sporen eine gelbliche, die Chromosomen eine tiefviolette, die „Kleinkerne" eine

graublaue Färbung angenommen. Die Chromatophoren waren nur in älteren Stadien als scharf umgrenzte, rundliche Körperchen zu erkennen, stets aber nur in geringer Zahl vorhanden.

Als jüngste Stadien möchte ich kleine (einen Durchmesser von 0,002 mm aufweisende), rundliche Gebilde von annähernd gleicher Größe und Form ansehen, welche eine derbe Hülle und in ihrem Innern ein oder zwei dunkler gefärbte Körnchen erkennen lassen. Sie liegen bald, gruppenweise vereinigt, frei in der Sarkode (Fig. 602 *t*), bald sind sie von einem rundlichen, blaß färbbaren Substanzballen eingeschlossen *(d)*, welcher wahrscheinlich als Phäodelle zu deuten ist, möglicherweise allerdings auch der Schleimgallerte entspricht, in welche nach KARSTEN die Mikrosporen von *Corethron* eingeschlossen sind. Ich möchte diese Gebilde in der That als Mikrosporen deuten, jedoch gleich hier darauf hinweisen, daß bei anderen Tripyleen häufig ähnliche Körper auftreten, die, schon wegen ihrer ungleichmäßigen Größe, eher als Produkte der Tripyleensarkode zu deuten und in der That vielfach den „Konkretionen" anderer Radiolarien ähnlich sind.

Die als Mikrosporen gedeuteten Gebilde sind nun durch eine Reihe von Uebergangsstufen mit denjenigen Einschlüssen verbunden, deren Sporennatur zweifellos feststeht. Zunächst findet man etwas größere Körper mit deutlicher, vielfach durch die Konservierung geschrumpfter Membran und unverkennbarem Kern *(i)*. Noch größere Zellen, mit einem Durchmesser von 0,005 mm an zeigen einen anscheinend membranlosen, unregelmäßig gestalteten Kern, der von färbbaren Körnchen von sehr gleichmäßiger Beschaffenheit und Verteilung angefüllt ist. Bemerkenswert ist, daß in diesen Stadien zwei deutlich unterschiedene Entwickelungsreihen nebeneinander herlaufen, für welche es unentschieden bleiben mag, ob sie verschiedenen Species oder den beiden Geschlechtern derselben Species entsprechen: eine Serie mit einer größeren Zahl feinkörniger Chromatinelemente *(c, e, o, n)* und eine solche mit einer nicht sehr großen Zahl (etwa 8) grobkörniger Chromosomen *(h, g)*. Bei ersterer findet man nicht selten schon in jüngeren Stadien im Innern des Kernes einen nucleolusartigen, schwach färbbaren Körper *(o)* oder außerhalb desselben einen ähnlich färbbaren „Kleinkern" *(e, n)*. Einige Bilder scheinen darauf hinzuweisen, daß der letztere den ausgetretenen Nucleolus darstellt.

Während dieser ersten Wachstumsperiode der Sporen scheinen die sexuellen Vorgänge Platz zu greifen. Wenigstens fand ich wiederholt Bilder *(r)*, welche an die von SCHAUDINN u. a. für verschiedene Protozoen beschriebenen Richtungsteilungen erinnern, und solche *(k)*, welche als Kopulationszustände gedeutet werden können. Für diese Erklärung spricht auch der Umstand, daß in den zuletzt genannten Stadien *(k)* keine Membran vorhanden ist.

In älteren, vielleicht als Zygoten zu deutenden Sporen mit einem Durchmesser von 0,01 mm ist regelmäßig neben dem „chromatischen", meist körnigen Propagationskern ein deutlicher „Kleinkern" zu erkennen *(l)*, und zwar treten diese Strukturen auch dann noch deutlich hervor, wenn die Sporen bereits in Phäodellen eingeschlossen sind *(m)*. Nunmehr wachsen die Sporen beträchtlich heran, jedoch wird diese Wachstumsperiode auf einer oder auf zwei Größenstufen (nämlich bei einem Durchmesser von etwa 0,015 und 0,02 mm) durch Teilungen unterbrochen *(q, s,* bezw *p, f)*. Namentlich vom zweiten Teilungsakte sind schöne Spiremstadien *(p)* und eine sehr gut erhaltene Metakinese *(f)* zur Beobachtung gelangt.

Mit diesen „Keimungsprozessen" schließt die Entwickelung ab, soweit sie innerhalb des *Aulacantha*-Phäodiums zur Beobachtung kam. Mit dem von KARSTEN angenommenen Ent-

wickelungsgang würde die Reihe der Stadien, ihre Zusammengehörigkeit vorausgesetzt, im ganzen gut übereinstimmen, doch ist es mir zweifelhaft, ob bei meiner Form die „Kleinkerne" umgewandelte Tochterkerne sind, wie dies KARSTEN für *Corethron* angiebt. Auch die Zweizahl der Teilungsakte steht nicht mit den KARSTEN'schen Beobachtungen im Einklang.

Von den an die Aulacanthiden sich anschließenden Tripyleengruppen haben mir die Astracanthiden, Aulosphäriden und Sagosphäriden keine genügenden Bilder geliefert, die ersteren wegen mangelhafter Fixierung des Materials, die beiden letzteren, weil auf keinem meiner Schnittpräparate Reste des Phäodiums zu sehen waren (s. oben S. 540). Was die Cannosphäriden anbelangt, so enthielten die in der Antarktis gefischten Exemplare von *Cannosphaera antarctica* eine größere oder geringere Menge von *Fragilaria*-Panzern.

Einige größere Exemplare von mehreren Castanelliden-Arten (*Castanidium* sp. und *Castanella* sp.), welche in T.-St. 54 mittelst eines tiefgehenden Vertikalnetzzuges erbeutet worden waren, zeigten auf Schnittpräparaten ein Phäodium, welches eine überraschende Aehnlichkeit mit dem gleich zu beschreibenden Phäodium der Tuscaroren aufwies (Taf. LXXXVI, Fig. 601): auch die als Eihüllen von *Centropages* zu deutenden Chitinhüllen (s. u.) kehrten wieder, nur fehlten kieselige Elemente fast vollkommen. Im Gegensatz dazu zeigte eine in T.-St. 120 (S. 1500—1000) gefischte Circoporide *(Circospathis sexfurca)* im Habitus der Phäodellen eine große Uebereinstimmung mit den in der Nachbarstation 121 gefischten Challengerien (Taf. LXXXVII, Fig. 604). Den Hauptinhalt der Phäodellen bildeten, wie bei den letzteren, wohl erhaltene „Mikrosporen". Bruchstücke kieseliger Natur waren nur sehr spärlich vorhanden.

Neben den Aulacanthiden haben die Tuscaroriden besonders mannigfaltige und vielfach sehr instruktive Bilder geliefert (Taf. LXXXVI, Fig. 601). Außer den färbbaren Phäodellen und ihren unzweifelhaften Derivaten (geschichteten Körpern, gefalteten Membranen etc.) fanden sich hier besonders zahlreiche rundliche Körperchen von ungleicher Größe und gelblicher Farbe. Auf Sublimatpräparaten war die Färbung mehr hellgelb, auf FLEMMING-Präparaten dunkelgelb bis grünlichbraun (hier offenbar durch die Chromsäure modifiziert). Diese Gebilde, welche teils einzeln liegen, teils klumpenweise vereinigt sind, habe ich im Systematischen Teil (S. 200) als abgestorbene Algenzellen gedeutet, ich bin aber inzwischen zweifelhaft geworden, ob es sich nicht doch um phäodellenartige Substanztröpfchen besonderer Art handelt, welche durch ein diffuses gelbes Pigment gefärbt sind.

Als Nahrungskörper sind bei den Tuscaroriden in erster Linie die Diatomeen zu betrachten, deren Panzer sehr häufig im Innern größerer Phäodellen beobachtet werden *(b, c, e)*. In letzteren fanden sich außerdem Dictyochidenskelette *(f)*, seltener Bruchstücke von *Aulacantha*-Nadeln und *Coelodendrum*-Skelette, sowie ein einziges Mal das Gehäuse einer Challengeride *(Protocystis Swirei)*. Während also auch bei den Tuscaroriden Protozoen, insbesondere andere Radiolarien, eine sehr geringe Rolle als Nahrungskörper zu spielen scheinen, finden sich relativ häufig Einschlüsse gröberer Art: so Chitinkiefer von Sagitten (wie dies auch BORGERT beobachtet hat), grobschollige, dickhäutige Copepodeneier und ferner sehr derbe, vielfach gefaltete, chitinöse Membranen mit bäumchenförmigen Aufsätzen *(g)*. Offenbar gehören diese letzteren Gebilde, die bei mehreren Tuscaroren-Arten gefunden wurden, in die Nähe des „Ovum hispidum hystrix" CLEVE's und LOHMANN's (1904, S. 27), welches von letzterem als Copepodenei und zwar vermutungsweise als das Ei von *Centropages* gedeutet wird.

Bezüglich der großen Medusettiden wurde schon im Vorstehenden mitgeteilt, daß bei einer in Fortpflanzung befindlichen *Planktonetta* (Taf. LXXXVII, Fig. 606) zwischen den dichtgedrängten, großenteils stark färbbaren und also wahrscheinlich neugebildeten Phäodellen nur ganz vereinzelte Diatomeenpanzer nachzuweisen waren, und ferner, daß ich bei anderen Planktonetten eine größere Zahl von Diatomeen und bei einer *Nationaletta* (Taf. LXXXVII, Fig. 607) eine *Aulacantha*-Nadel (a) und massenhaft spindelförmige Stäbchen fand, deren chemische Natur nicht festzustellen war, da ich das Präparat zu diesem Zwecke nicht opfern konnte.

Von Challengeriden und Conchariden liegt mir auf Schnittpräparaten eine größere Zahl von Exemplaren von *Challengeria Naresi* (Taf. LXXXVII, Fig. 604) und *Conchopsis* (Taf. LXXXVII, Fig. 603) vor, welche von T.-St. 120 und 121, und zwar aus einer Tiefe von 1000 bis 1500, bezw. 2500—1900 m herstammten. Bei *Challengeria* sind die dichtgedrängten Phäodellen ziemlich gleichmäßig groß und mit Hämatoxylin stark färbbar, sie besitzen durchweg eine runzlige Oberfläche und schließen massenhaft sehr kleine, rundliche, großenteils geschrumpfte Körnchen ein. Bei einigen dieser Gebilde war im Innern eine dunkle Zusammenballung zu erkennen, welche als geschrumpfter Protoplasmakörper gedeutet werden könnte, und ich möchte daher annehmen, daß sie mit den bei *Aulacantha* gefundenen Körpern zu vergleichen und als Mikrosporen zu deuten sind. Von kieseligen Fremdkörpern fanden sich im Phäodium von *Challengeria* nur vereinzelte Bruchstücke von *Coscinodiscus* vor.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei *Conchopsis* (Fig. 603): die, wie bereits erwähnt, durch ihre Größe ausgezeichneten Phäodellen, welche vielfach einen zusammengesetzten, gewöllartigen Charakter aufwiesen, enthielten in großen Mengen und als ausschließliche Inhaltsbestandteile „Mikrosporen", welche deutlich den geschrumpften Protoplasmakörper erkennen ließen, und zwischen den Phäodellen allerlei rätselhafte Gebilde, geschrumpfte Cysten, merkwürdige spiralige Bildungen, die an ein aufgerolltes Schiffstau erinnern (auch bei *Castanella*, T.-St. 54, gefunden). Nur ein einziges Mal fand sich ein kieseliger Fremdkörper, nämlich ein *Fragilaria*-Gehäuse, vor. Jedenfalls lassen diese ausgesprochen tiefenbewohnenden *Challengeria*- und *Conchopsis*-Arten in größter Uebereinstimmung das fast vollkommene Zurücktreten der Kieselpanzer und das Ueberwiegen der als Mikrosporen gedeuteten Gebilde erkennen.

Die Cölodendriden zeigen ähnliche Verhältnisse wie die Aulacanthiden. Als bemerkenswerte Vorkommnisse sind zu erwähnen vereinzelte Gehäuse von Challengeriden *(Protocystis tridens, Cadium)* und besonders die wiederholt (bei *Coelodendrum furcatissimum* und *Coelechinus*) gefundenen Globigerinenschalen (siehe: Aulacanthiden).

Nahrung und Verbreitung.

Ich hatte erwartet, mittelst einer systematischen Untersuchung des Phäodiums verschiedener Tripyleengruppen bestimmte Zusammenhänge zwischen der Beschaffenheit des Phäodiums und zwischen der horizontalen und vor allem vertikalen Verbreitung nachweisen zu können, um so vielleicht auch für Formen der zweiten Stufe der ökonomischen Skala, wie es die Radiolarien als Konsumenten des Phytoplanktons sind, eine Abhängigkeit der Tiefenverbreitung von der Lebensweise feststellen zu können.

Indessen bin ich durch zwei Umstände verhindert worden, zu ganz klaren Resultaten zu gelangen. Einmal fehlt es fast vollständig an Beobachtungen über das Phäodium der zartplasmatischen phao- und knephoplanktonischen Formen, nämlich der Aulosphäriden und Sagosphäriden, sowie der kleineren Challengeriden, Medusettiden und Conchariden. Ein Unterschied zwischen diesen mehr oberflächlichen Formen und den eigentlichen Tiefenbewohnern trat mir allerdings schon gleich bei der Inangriffnahme meiner Untersuchungen (vergl. 1904, S. 133 u. a. a. O.) entgegen, nämlich der Umstand, daß bei allen Oberflächenbewohnern vom Phäodium und überhaupt vom extrakapsulären Weichkörper gar keine oder nur spärliche Reste zu sehen sind, während sich die eigentlichen Tiefenbewohner durch massenhafte, dicht verpackte Phäodellen auszeichnen. Man kann, wie ich dies früher gethan habe, diese Verschiedenheit so deuten, daß bei ersteren das Phäodium infolge der Zartheit und Dünnflüssigkeit der Sarkode beim Fange regelmäßig verloren geht. Immerhin liegt auch der Verdacht nahe, es möchte vielleicht bei einigen der genannten Tripyleen eine Ernährung mittelst „gelber Zellen" stattfinden. Da die Zooxanthellen bei den Angehörigen dreier großer Radiolarien-Abteilungen nachgewiesen sind, so ist es ja von vornherein nicht unwahrscheinlich, daß sie auch bei der vierten verbreitet sind.

Ein zweiter Punkt, welcher einer klaren Beantwortung unserer Frage entgegensteht, ist die verhältnismäßig noch geringe Zahl genauer Tiefenangaben, speciell bei denjenigen Formen, welche wegen der Mannigfaltigkeit ihres Phäodiums besonders geeignet für die Untersuchung wären, bei den Aulacanthiden und Tuscaroriden. Allerdings liefert das „Valdivia"-Material eine Reihe von Andeutungen, wohin etwa spätere Untersuchungen führen werden, aber leider ist die Zahl der thatsächlichen Ergebnisse noch sehr gering, und späteren Expeditionen steht also in dieser Hinsicht noch ein weites Forschungsgebiet offen.

Eine Thatsache läßt sich allerdings jetzt schon mit einiger Sicherheit feststellen, nämlich der Unterschied, welchen speciell die Aulacanthiden und Tuscaroriden in den wärmeren und kalten Meeresgebieten aufweisen. Bei den Warm-, bezw. Tiefenkühlwasserformen der wärmeren Meeresteile treten nämlich die kieseligen Bestandteile des Phäodiums sehr zurück, während in der Antarktis die Kieselpanzer der Diatomeen, insbesondere von *Fragilaria* und *Coscinodiscus*, überwiegen. Es hängt diese Verschiedenheit natürlich mit dem Gesamtcharakter des Phytoplanktons in den warmen und kalten Meeresgebieten zusammen, insofern, wie insbesondere die Ergebnisse der „Valdivia" deutlich erkennen lassen (KARSTEN, 1904, 1905, 1907) im Phytoplankton der ersteren die Peridineen, in dem der letzteren die Diatomeen in den Vordergrund treten.

Eine weitere Frage ist nun, ob neben diesen Verschiedenheiten, die sich in horizontaler Richtung geltend machen, auch Unterschiede vertikaler Natur hervortreten und ob also die Tiefengliederung der Tripyleen mit einer verschiedenen Ernährungsweise im Zusammenhang steht.

Ich habe das gesamte aus der Westwindtrift und der Antarktis stammende Schnittmaterial auf diesen Punkt hin geprüft, und es fiel mir zunächst bei den Aulacanthiden auf, daß schon in den kalten Meeresteilen bezüglich der Masse der im Phäodium aufgestapelten Kieselpanzer große Unterschiede bestehen. Da nun aber diese Verschiedenheiten nicht bloß bei der in etwas tieferen Horizonten vorkommenden Gattung *Aulospathis*, sondern auch bei einer Reihe von *Aulographis-*, *Auloceros-* und *Aulokleptes*-Exemplaren beobachtet wurden, so kann es sich nicht wohl um specifische oder Tiefenunterschiede handeln. Eher weist der Umstand, daß alle von mir untersuchten Aulacanthiden-Exemplare mit sechs oder mehr als sechs Centralkapseln eine besonders

geringe Menge von Kieselskeletten enthielten, auf die Möglichkeit hin, daß der Gehalt an frisch aufgenommenen oder zur Exkretion bereiten Kieselpanzern in den einzelnen Entwickelungsphasen ein verschieden großer ist. Vorderhand möchte ich allerdings jene Verschiedenheiten nur als individuelle oder zufällige betrachten.

Von größerem Interesse dürfte eine andere Beobachtung sein. Die in der T.-St. 120 und 121 in sehr großen Tiefen (1000—2500 m) gefischten Circoporiden, Challengeriden und Conchariden zeigten eine sehr weitgehende Uebereinstimmung in der Weise, daß die verhältnismäßig großen Phäodellen fast ausschließlich mit den als „Mikrosporen" gedeuteten Gebilden erfüllt sind, während kieselige Elemente fast vollkommen fehlen. Da die genannten Formen *(Circospathis, Challengeria, Conchopsis)* zu drei ganz verschiedenen Tripyleen-Abteilungen gehören, und da mir speciell von *Challengeria* und *Conchopsis* eine recht erhebliche Zahl von Schnittpräparaten zur Verfügung steht, welche alle die gleiche Erscheinung zeigen, so kann es sich wohl schwerlich um ein zufälliges Zusammentreffen handeln. Vielmehr wird man zu der Ansicht geführt, daß in größeren Tiefen (abwärts 1000 m) auch in den kalten Meeresteilen die herabsinkenden Kieselgehäuse der Diatomeen nicht mehr so häufig sind, daß sie eine erhebliche Rolle als Nahrung für die Tripyleen spielen können, daß letztere vielmehr, wenigstens in einer bestimmten Jahreszeit (vergl. Karsten, 1904, S. 23), überwiegend von den in die Tiefe sinkenden Mikrosporen der Protophyten leben.

Aus dem Bisherigen geht hervor, daß ein Versuch, die augenscheinlich bestehende Tiefengliederung der Tripyleen ernährungsphysiologisch zu begründen, zur Zeit noch nicht im einzelnen durchführbar ist, da die bisher bekannten Daten noch keine genügende Unterlage gewähren. Immerhin wird es auch jetzt schon erlaubt sein, wenigstens in allgemeinen Zügen etwa folgendes Gesamtbild von den zwischen Vertikalverbreitung und Ernährungsweise bestehenden Zusammenhängen zu entwerfen:

In den obersten Schichten von 0 bis etwa 50 m (Lobianco's Zone des Phaoplanktons, Collidenschichten), in welchen das freilebende (nicht-kommensale) Phytoplankton noch nicht seine volle Entfaltung aufweist und die mit Zooxanthellen ausgestatteten Radiolarien (Spumellarien, Nassellarien, Acantharien) einen stark hervortretenden Bestandteil des Mikroplanktons ausmachen, kommen nur einige wenige Tripyleenarten vor. Ob diese im Gegensatz zu der Hauptmasse der Tripyleen etwa mit gelben Zellen versehen sind, oder auf welche Weise sie sich sonst ernähren, ist noch zu untersuchen.

In den darunter liegenden Schichten, und zwar zunächst in den vom Licht noch durchtränkten Gebieten des üppigsten Pflanzenwuchses und der „Schattenflora" (Zone des Knephoplanktons, Challengeridenschichten), und ferner in den tiefer liegenden, bereits vollkommen dunklen Schichten zwischen 400 und 1000 oder 1500 m (Zone des Skotoplanktons, Tuscaroridenschichten) haben wir die Hauptreviere der Tripyleen zu sehen. Ihre Nahrung besteht hier in erster Linie aus Phytoplankton, und zwar in den wärmeren Meeren vorzugsweise aus Mikrosporen und keimenden Sporen, in den kalten Meeresgebieten hauptsächlich aus abgestorbenen Diatomeen aus den Gattungen *Fragilaria* und *Coscinodiscus*. Auch die offenbar in diesen Schichten flottierenden Dauereier von Copepoden werden speciell von den Tuscaroriden gerne aufgenommen. Dagegen bilden Protozoen und insbesondere Tripyleen nur unwesentliche Bestandteile des Phäodiuminhaltes. Ob die Formen der beiden hier zusammengezogenen Schichten des

Knepho- und Skotoplanktons in ernährungsphysiologischer Hinsicht Unterschiede zeigen, müssen spätere Untersuchungen an der Hand ausreichenden Schließnetzmaterials ausweisen.

In den tiefsten Schichten unterhalb 1000 oder 1500 m (Zone des Nyktoplanktons, Pharyngellenschichten) scheinen die herabsinkenden Kieselpanzer auch in der Antarktis nur noch eine geringe Rolle zu spielen. Dagegen überwiegen hier, mindestens in gewissen Jahreszeiten, die Mikrosporen des Phytoplanktons.

Uebersicht der Tiefenverbreitung der Radiolarien.

Im folgenden soll eine etwas vollständigere, vorläufige Zusammenstellung derjenigen Tripyleen, skelettbildenden Collodarien und tiefenlebenden Mikroradiolarien gegeben werden, für welche die Vertikalverteilung auf Grund der vorliegenden Plankton- und Schließnetzfänge zur Zeit einigermaßen sicher bestimmt werden kann[1]). Um die oberste Schicht (Collidenschicht, Schicht des Phaoplanktons, 0—50 m) besser zu charakterisieren, wurden auch die Angaben LO BIANCO's (1903) über die Verbreitung der Polycyttarien und skelettlosen Collodarien eingefügt.

Diejenigen Formen, welche ausschließlich oder wenigstens überwiegend in einer bestimmten Schicht vorkommen und für welche ein genügend großes Material vorliegt, wurden als Leitformen durch gesperrten Druck hervorgehoben. Alle diejenigen Arten dagegen, welche weniger ausgesprochen auf bestimmte Horizonte konzentriert sind oder für die keine genügende Zahl von Beobachtungen vorliegt, sind durch gewöhnlichen Druck gekennzeichnet.

A. Collidenschicht, Schicht des Phaoplanktons (0—50 m).

Collozoum inerme, *Sphaerozoum punctatum*, *Thalassophysa pelagica*, *Thalassicolla nucleata* (sämtlich nach LO BIANCO, 1903);

Aulacantha scolymantha typica (Textfig. 154,1; im Golf von Neapel bei stürmischem Wetter ausnahmsweise an der Oberfläche vorkommend);

Aulosphaera elegantissima (bei Messina), *Auloscena pelagica* (154,4; im Indik wiederholt oberhalb des 50 m-Horizontes angetroffen);

Cannosphaera antarctica (154,6; vom „Gauß" in der Antarktis noch oberhalb des 50 m-Horizontes erbeutet);

Sagoscena elegans (154,7; im Indik oberhalb des 50 m-Horizontes angetroffen).

B. Challengeridenschicht, Schicht des Knephoplanktons (50—400 m).

Cytocladus-Arten (155,1);

Hexacontium pachydermum (155,3), *Lamprocyclas intermedia* (155,4);

Aulacantha scolymantha typica (auch in tieferen Schichten vorkommend, im ganzen also mehr pamplanktonisch), *Aulographis tetrancistra* (wie vorige von mehr pamplanktonischem Charakter);

1) Für die Conchariden konnte die seit der Drucklegung des systematischen Teiles erschienene Arbeit BORGERT's (1907) mitbenutzt werden.

? mehrere Aulosphäriden und Sagosphäriden, z. B. *Sagoscena tentorium, Sagenoscena irmingeriana, Sagenoarium Chuni* (154,8);

Castanidium variabile vulgatissimum (pamplanktonisch), *Castanidium longispinum* (154,11; vereinzelt auch in tieferen Schichten), *Castanidium sol* (ebenso), *Castanidium Murrayi, Castanopsis fragilis, Castanea globosa, Castanea amphora;*

Circoporus oxyacanthus (154,12) und *sexfuscinus* (154,14);

Challengeria xiphodon (154,17; auch in tieferen Schichten), *Protocystis Thomsoni* (runde, dünnschalige Formen der wärmeren Meeresgebiete), *Protocystis tridens* (auch in tieferen Schichten), *Protocystis Swirei* (154,18), *acornis* und *bicornis* (sämtliche auch in tiefen Schichten), *Protocystis Harstoni* (154,19; mehr vereinzelt auch in tieferen Schichten), *Heliochallengeron Channeri* (154,20; vereinzelt auch in tieferen Schichten), *Challengeron armatum*, dünnwandige Formen;

Challengeron trinacriae und *sacculus, Cadium marinum* (154,21); *Medusetta inflata* (154,22), *Euphysetta Lucani* (154,23), *Planktonetta atlantica* (154,24; wohl auch in tieferen Schichten);

Concharium asymmetricum, Conchellium capsula (nach Borgert 1907), *Conchidium terebratula* (154,33; vereinzelt in größeren Tiefen), *Conchidium rhynchonella* (154,34), *Conchidium argiope* (nach Borgert 1907), *Conchoceras caudatum* (154,35), *Conchocystis lenticula, Conchophacus diatomeus* (154,36).

C. Tuscarorenschicht, Schicht des Skotoplanktons (400—1500 m).

a) Pandorastufe (400—1000 m):

Aulographis pandora (154,2), *Aulographis stellata, Auloceros arborescens, Aulokleptes flosculus, Aulokleptes ramosus, Aulographonium* (mehrere Formen), *Aulocoryne zetesios, Aulospathis variabilis monodon, Aulacantha scolymantha bathybia;*

Castanidium Hookeri, Castanidium antarcticum, ? Castanella Thomsoni (auch in den unteren Stufen der Challengeridenschicht), *Castanissa valdiviae, ? Castanidium Moseleyi, Castanea Henseni;*

Tuscarilla nationalis, Tuscaretta globosa, tubulosa und *passercula, Tuscarantha Luciae* (154,9);

Protocystis Tizardi (154,25), *Protocystis Balfouri, Protocystis Sloggetti* (154,26), *Protocystis micropelecus* (auch in höheren und tieferen Schichten).

b) *Aulospathis*-Stufe (1000—1500 m).

Aulospathis variabilis diodon, Aulospathis variabilis triodon (154,3), *Aulospathis pinus;*

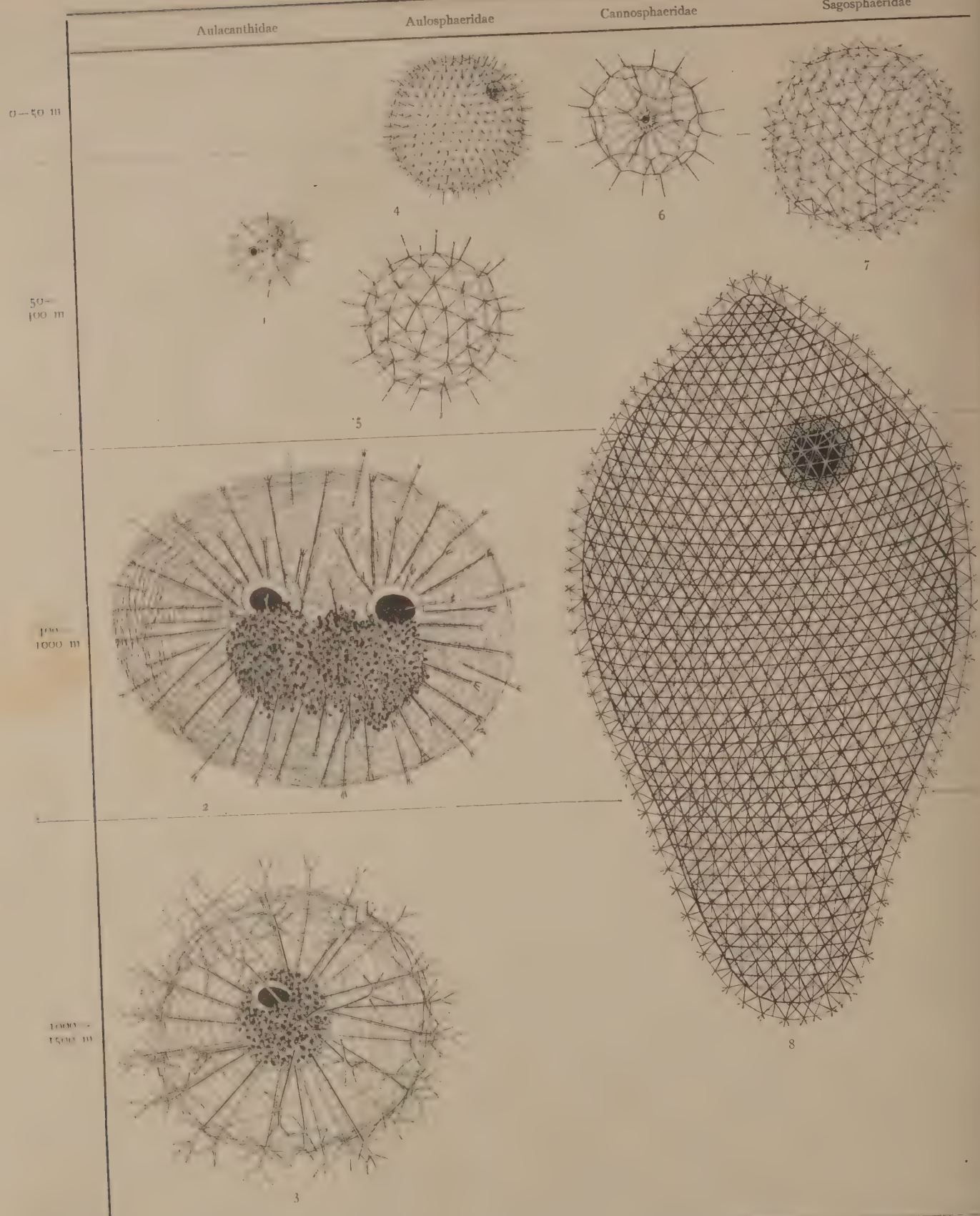
Castanella Sloggetti, Castanidium Apsteini (154,15), *Castanidium variabile antarcticum* und *fenestratum, ? Circocastanea margarita;*

Haeckeliana porcellana (154,13) und *irregularis, ? Circospathis sexfurca* (154,14);

Conchellium tridacna (154,39), *Conchopsis orbicularis* (154,40—41; auch in tieferen Schichten).

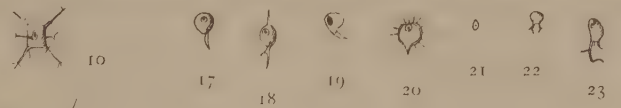
c) Beide Stufen (400—1500 m).

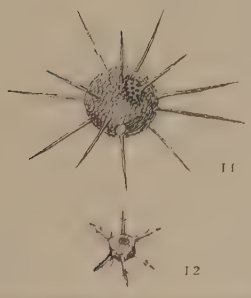
Oroscena regalis (155,2; auch in tieferen Schichten);

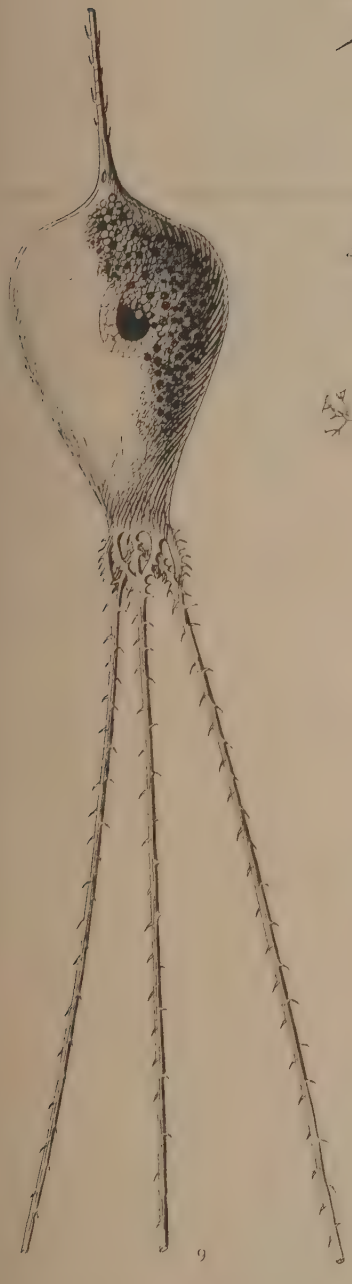


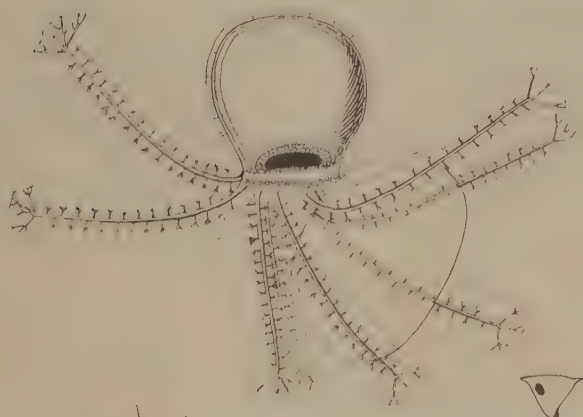
1 *Aulacantha scolymantha typica*
2 *Aulographis pandora*
3 *Aulospathis variabilis triodon*
4 *Aulosoena pelagica*
5 *Aulosphaera labradoricusis*
6 *Cannosphaera antarctica*
7 *Sagoscena elegans*
8 *Sagenoarium Chuni*
9 *Tuscarantha Luciae*
10 *Circoporus sexfuscinus*
11 *Castanidium longispinum*
12 *Circoporus oxyacanthus*
13 *Haeckeliana porcellana*
14 *Circospathis sexfurca*
15 *Castanidium Apsteini*
16 *Porospathis holostoma*
17 *Challengeria xiphodon*
18 *Protocystis Swirei*
19 „ *Harstoni*
20 *Heliochallengeron Channeri*
21 *Cadium marinum*
22 *Medusetta inflata*
23 *Euphysetta Lucani*
24 *Planktonetta atlantica*
25 *Protocystis Tizardi*
26 „ *Sloggetti*
27—28 *Challengeria Nares*
29 *Protocystis Thomsoni*
30 *Pharyngella gastrula*
31 *Porcupinia cordiformis*
32 *Cadium melo*
33 *Conchidium terebratula*

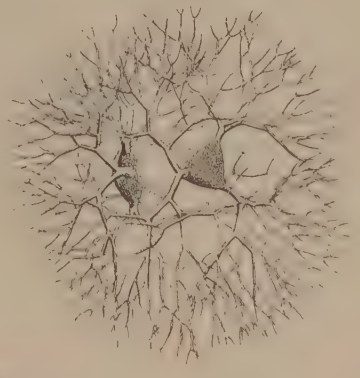
Fig. 154. Vertikalverbrei

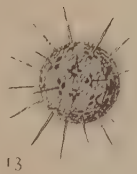


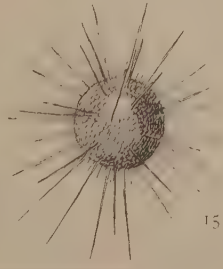




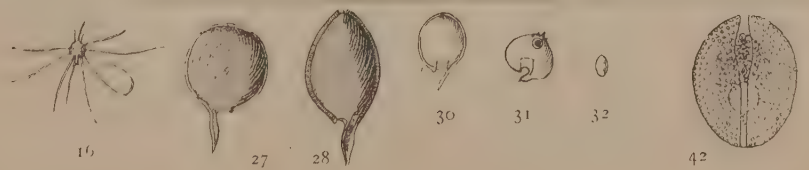








34 *Conchidium rhynchonella*
35 *Conchoceras caudatum*
36 *Conchophacus diatomeus*
37 *Coelodendrum spinosissimum*
38 „ *furcatissimum*
39 *Conchellium tridacna*
40—41 *Conchopsis orbicularis*
42 „ *pilidium.*



und Größe einiger Tripyleen.

Sphaerellaria und Cyrtellaria.

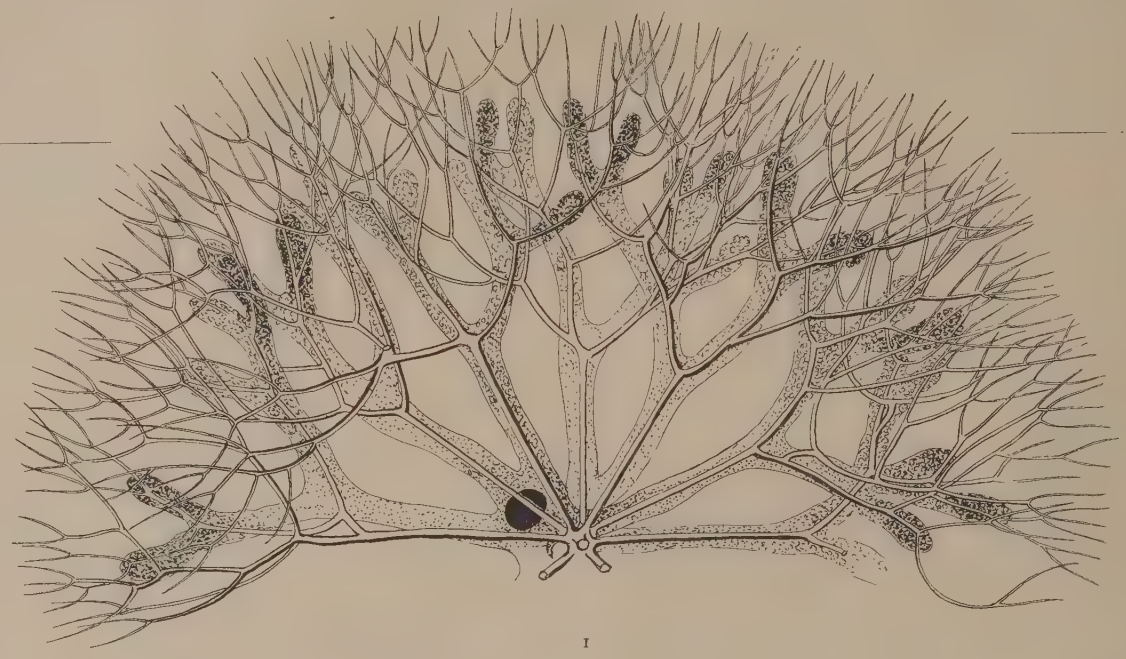
0—50 m

50 — 400 m

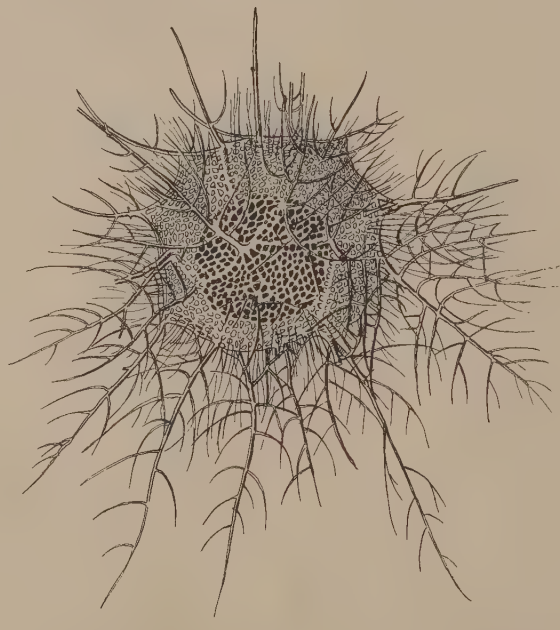
400 — 1000 m

1000— 5000 m

1500— 5000 m



1



2

3 4 5 6

7 8 9

1 *Cytocladus tricladus*
2 *Oroscena regalis*
3 *Hexacontium pachydermum*
4 *Lamprocyclas intermedia*
5 *Xiphostylus dendrocopus*
6 *Plectopyramis polypleura*
7 *Peromelissa denticulata*
8 *Saccospyris antarctica*
9 *Acanthosphaera hirsutissima*

Fig. 155. Vertikalverbreitung und Größe einiger Spumellarien und Nassellarien.

Xiphostylus dendrocopus (155,5), *Ellipsoxiphium palliatum, Stylatractus carduus, Hexalodus dendrophorus, Plectopyramis polypleura* (155,6);

Porospathis holostoma;

Protocystis Thomsoni (154,29; ovale, derbwandige Formen), *Protocystis varians, Challengerosium Bethelli* (auch in tieferen Schichten), *Challengeron armatum*, dickwandige Formen (zum Teil in Fortpflanzung), *Challengeranium diodon, Entocannula infundibulum* (auch in tieferen Schichten), *Pharyngella gastrula* (jedoch mehr in tieferen Schichten);

? Euphysetta elegans.

D. Pharyngellenschicht, Schicht des Nyktoplanktons (1500—5000 m).

Oroscena regalis (auch in höheren Schichten);

Acanthosphaera hirsutissima (155,9; auch in höheren Schichten), *Stylatractus carduus* (ebenso), *? Saturnalis aureolatus, ? Triceraspyris antarctica, Saccospyris antarctica* (155,8), *Peromelissa denticulata* (155,7; auch in höheren Schichten);

Vereinzelte Aulacanthiden (z. B. *Aulographis arcuata, Aulospathis variabilis triodon*);

Porospathis holostoma (154,16);

Challengeria Naresi (154,27—28), *Protocystis Thomsoni* (mehr vereinzelt), *Protocystis tridens* (vereinzelt), *Protocystis Swirei* (vereinzelt, zum Teil in Fortpflanzung), *Protocystis bicornis* (vereinzelt), *Protocystis Macleari, Protocystis tridentata, Protocystis Tizardi* (vereinzelt), *Protocystis micropelecus* (vereinzelt), *Protocystis Murrayi, Challengerosium Bethelli* (vereinzelt), *Heliochallengeron Channeri* (vereinzelt), *Entocannula infundibulum* (vereinzelt), *Pharyngella gastrula* (154,30), *Porcupinia cordiformis* (154,31), *Cadium melo* (154,32);

? Euphysetta elegans, ? Euphysetta amphicodon;

Conchellium tridacna, Conchidium terebratula (vereinzelt), *Conchopsis orbicularis* (154,40—41) und *pilidium* (154,42).

Morphologische Anpassung.

In den vorhergehenden Kapiteln wurde gezeigt, daß eine sehr große, vielleicht sogar die größte Zahl speciell der tripyleen Radiolarien auf bestimmte Breiten und Tiefenregionen beschränkt ist, und gewisse Erscheinungen, so z. B. das häufige Auftreten von Krüppelformen und Monstrositäten in Grenzgebieten, weisen darauf hin, daß diese geographische Verteilung keine zufällige und gleichgültige ist, so wie etwa eine Herde auf einer großen, gleichmäßigen Weidefläche bald diesen, bald jenen Fleck oder Winkel einnimmt, sondern daß die Formen an bestimmte örtliche Verhältnisse (Temperatur, Nahrung u. s. w.) angepaßt sind.

Bei dem wunderbaren Formenreichtum, welcher gerade unsere Protozoengruppe auszeichnet, war nun zu erwarten, daß diese physiologische (innere) Anpassung auch in strukturellen Merkmalen zum Ausdruck kommt, daß ihr also auch eine morphologische (äußere) Anpassung entspricht, und in der That konnte zunächst für die Aulosphäriden und Sagosphäriden, dann aber auch für die meisten anderen Gruppen der Nachweis geliefert werden,

„daß eine ganze Reihe von Merkmalen deutliche Beziehungen zur Beschaffenheit des äußeren Mediums zeigt. Dahin gehörten die Größe und Grundform der Tiere, die Beschaffenheit des Weichkörpers und insbesondere der extrakalymmalen Sarkodehaut, die Maschenweite der Gitterschale und die Stärke und Dicke der Skelettteile, vor allem aber die Größen-, Anordnungs- und Strukturverhältnisse der Radialstacheln und ihrer Anhänge“ (1904 a).

Wie bei anderen wasserlebenden Organismen, kann auch bei den Radiolarien in erster Linie gezeigt werden, daß die Einrichtungen, welche das Schwebevermögen bedingen, in einem deutlich erkennbaren Abhängigkeitsverhältnis zur physikalischen Beschaffenheit des Mediums stehen und auf geringfügige Aenderungen der Temperatur und des Salzgehaltes des Wassers mit entsprechenden Variationen antworten. Auf diese Beziehungen soll hier vor allem genauer eingegangen werden.

Nach CHUN (1900, 1903) und WOLFGANG OSTWALD (1903 u. a. a. O.) kann die Abhängigkeit der Sinkgeschwindigkeit eines im flüssigen Medium befindlichen Körpers von den physikalischen Faktoren durch die Formel dargestellt werden:

(Formel A) $$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Uebergewicht}}{\text{Formwiderstand} \times \text{innere Reibung}}$$

Das Uebergewicht, d. h. die Differenz zwischen dem specifischen Gewicht des sinkenden Körpers (s) und dem der Flüssigkeit (in unserem Fall: ca. 1), ist eine variable Größe, welche von den Veränderungen der Temperatur und des Salzgehaltes abhängig ist, von ersteren allerdings in geringerem Maße, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt (OSTWALD).

Der Formwiderstand oder äußere Reibungswiderstand ist einerseits abhängig vom Volumen des Körpers, andererseits von seinem größten Querschnitt, d. h. seiner Vertikalprojektion oder Projektionsgröße, und zwar wächst er mit abnehmendem Volumen (v) und zunehmendem Querschnitt (q). Wir können also setzen:

$$\text{Formwiderstand} = \frac{(q)}{(v)},$$

wo durch die Klammern ganz allgemein angedeutet werden soll, daß die Koëffizienten q und v in der ersten oder in einer höheren positiven Potenz auftreten. Die Querschnitts- oder Projektionsgröße setzt sich speciell bei Planktonorganismen zusammen aus der Projektion des eigentlichen Körpers und aus derjenigen seiner Apophysen.

Die innere Reibung, specifische Zähigkeit oder Viskosität des flüssigen Mediums endlich nimmt sehr rasch ab mit steigender Temperatur (t), sie nimmt zu mit steigendem Salzgehalt (S), und wir können daher für eine salzhaltige Flüssigkeit setzen:

$$\text{innere Reibung} = \frac{(S)}{(t)}.$$

Wenn wir die so erhaltenen Werte in die Ostwald'sche Formel einsetzen und dabei die Abhängigkeit des Uebergewichts von Temperatur und Salzgehalt vernachlässigen, so erhalten wir die Gleichung:

(Formel B) $$\text{Sinkgeschwindigkeit} = (s-1) \cdot \frac{(v)}{(q)} \cdot \frac{(t)}{(S)}.$$

Der Körper wird schweben, wenn die Sinkgeschwindigkeit = o ist. Wir können also als Bedingung für das Schweben eines Körpers die Gleichung aufstellen:

$$(s-1) \cdot \frac{(v)}{(q)} \cdot \frac{(t)}{(S)} = \text{Min.}$$

oder:

$$\frac{1}{(s-1)} \cdot \frac{(q)}{(v)} \cdot \frac{(S)}{(t)} = \text{Max.}$$

oder, wie man auch sagen kann, = Constante.

Noch übersichtlicher wird die Formel, wenn man die einzelnen Koëffizienten mit den Indices k (Körper), a (Apophysen) und m (Medium) versieht. Wir erhalten dann als Bedingung für das Schweben eines Körpers:

(Formel C) $$\frac{1}{s_k - 1} \cdot \frac{(q_k + q_a)}{(v_k)} \cdot \frac{(S_m)}{(t_m)} = \text{Const.}$$

Danach nimmt das Schwebevermögen zu mit steigendem Querschnitt und Salzgehalt, sowie mit vermindertem Uebergewicht und Volumen und mit sinkender Temperatur (1904 a, S. 594).

Mit anderen Worten und in anderer Reihenfolge ausgedrückt: auf eine Erhöhung der Temperatur und ein Sinken des Salzgehaltes haben die schwebenden Organismen mit einer Verringerung des Volumens, mit einer Vergrößerung des Querschnittes und mit einer Verminderung des Uebergewichtes zu reagieren. Sie werden also unter den angeführten physikalischen Verhältnissen die Neigung haben, a) durch Verringerung des Volumens (v_k), b) durch Vergrößerung des horizontalen Querschnittes (q_k), bezw. durch stärkere Wölbung der Seitenwandungen, und c) durch Bildung von Fortsätzen (q_a), welche in der Horizontalebene gelegen sind oder mit dieser nur kleine Winkel bilden, den Formwiderstand zu erhöhen, und d) Einrichtungen auszubilden, welche der Gewichtsersparnis dienen. Umgekehrt werden bei Erniedrigung der Temperatur und bei steigendem Salzgehalt diese vier Tendenzen zu Gunsten anderer Bedürfnisse zurücktreten können.

Bei verschiedenen Organismen sind bereits Untersuchungen in dieser Richtung angestellt worden, so bei den süßwasserbewohnenden Crustaceen und Rotatorien (Wesenberg-Lund u. a.) und bei mehreren marinen Gruppen, nämlich bei den Peridineen und Acantharien (s. unten). Bei den Süßwasserformen handelt es sich um den Gegensatz zwischen Sommer- und Wintergenerationen, bei den marinen Planktonorganismen um denjenigen von Warm- und Kaltwasserformen.

Was nun unsere Tripyleen anbelangt, so treten die Beziehungen zwischen den Größen- und Formverhältnissen und der physikalischen Beschaffenheit des Mediums weniger in einem Gegensatz zwischen den Arten und Rassen der warmen und kalten Meeresgebiete hervor als bei einer vergleichenden Betrachtung der Bewohner der verschiedenen Tiefenhorizonte. Es hängt diese Besonderheit der Tripyleen damit zusammen, daß sie im Gegensatz zu den phao- und knephoplanktonischen Peridineen und Acantharien großenteils ausgesprochene Tiefenbewohner sind und jedenfalls in vertikaler Richtung eine viel auffälligere Gliederung aufweisen, als in horizontaler.

a) Größe und b) Körperquerschnitt. In sehr auffälliger Weise macht sich beinahe in allen Tripyleengruppen der Gegensatz zwischen den kleinen Formen der warmen Oberflächenschichten und den großen Arten der kühleren und damit dichteren und zäheren Tiefenschichten geltend, und zwar lassen sich fast immer zwei Größenkategorien unterscheiden, nämlich die oberflächlichen Zwergformen und die tiefenlebenden Riesenformen. Hand in Hand mit diesen Größenunterschieden geht aber fast regelmäßig auch eine Verschiedenheit der Gesamtform und damit des Körperquerschnittes: die mehr oberflächlichen Zwergformen neigen zur Kugelgestalt und erreichen damit (da ein kugeliger Körper einen größeren Querschnitt als beispielsweise ein cylindrischer Körper von gleichem Volumen besitzt) auch eine Vergrößerung des Querschnittes; die großen Tiefenbewohner dagegen sind nicht an die kugelige Körperform gebunden, sondern nehmen, offenbar im Interesse eines erhöhten Steig- und Sinkvermögens, verschiedene abweichende Gestalten, so diejenige eines Ballons, einer Spindel oder einer senkrecht stehenden Scheibe an.

Unter den Aulacanthiden ist diejenige Form, welche am weitesten gegen die Oberfläche heraufkommt, nämlich *Aulacantha scolymantha typica* (S. 502, Textfig. 133, 134), gleichzeitig auch die kleinste, indem ihr Weichkörper nur einen Durchmesser von 0,5 bis höchstens 1,8 mm erreicht. Im Gegensatz dazu besitzt die in der Tuscarorenschicht heimische *Aulacantha scolymantha bathybia* (Textfig. 135) im natürlichen Zustand einen Durchmesser von 3—4 mm, und andere tiefenbewohnende Formen weisen noch erheblich größere Dimensionen auf. So fanden sich im „Valdivia"-Material vielkapselige *Aulospathis*-Exemplare mit einem Durchmesser von 7—8 mm.

Während *Aulacantha scolymantha typica* und die übrigen kleinen Formen eine ausgesprochen kugelige Gestalt besitzen (Textfig. 154,1) und auch die Tiefenformen, soweit sie nur eine Kapsel enthalten (*Aulacantha scolymantha bathybia*, die *Aulospathis*-Arten im vegetativen Zustand, Textfig. 154,3), die Kugelgestalt beibehalten, haben die dicystinen, tiefenlebenden *Aulographis-*, *Auloceros-* und *Aulokleptes*-Arten in mehr oder weniger ausgeprägter Weise eine ellipsoidische oder nierenförmige Gestalt angenommen (Textfig. 123; 154,2). Dabei dürfte allerdings weniger die Erhöhung des Steig- und Sinkvermögens eine Rolle spielen, wie z. B. bei der Formveränderung der tiefenlebenden Challengeriden und Conchariden, vielmehr möchte ich glauben, daß schon eine Vergrößerung des Körpers allein die regelmäßige Verdoppelung des Kerns und der Centralkapsel und damit den Uebergang zur bilateralen Symmetrie, also die Abweichung von der Kugelgestalt, begünstigt. Die starke seitliche Abplattung, welche man bei den größeren Aulacanthiden (*Aulographis pandora* u. a.) häufig findet, ist wohl als Kunstprodukt anzusehen, dagegen scheint mir die stark abgeplattete, zweilappige, veilchenblattähnliche Gestalt der in sehr

großen Tiefen (1000—1700 m) gefischten *Phaeocolla valdiviae* (Textfig. 152) dem natürlichen Zustand zu entsprechen und mit dem Steig- und Sinkvermögen zusammenzuhängen.

Unter den Aulosphäriden und Sagosphäriden besitzen diejenigen Formen, welche bis in die Schicht des Phaoplanktons heraufkommen *(Aulosphaera elegantissima, Auloscena pelagica, Aulastrum mirabile, Sagoscena elegans)* durchweg eine geringe Körpergröße und eine kugelige Gestalt. Speciell *Auloscena pelagica* (Textfig. 154,4) und *Sagoscena elegans* (Textfig. 154,7) gehören mit einem Durchmesser von 1,2—1,5 mm in eine ähnliche Größenklasse, wie die Zwergform von *Aulacantha scolymantha.* Von den meisten übrigen Formen steht die Vertikalverbreitung noch nicht fest, aber das Fehlen der großen, ballon- und spindelförmigen Typen in den Oberflächenfängen dürfte darauf hinweisen, daß auch innerhalb der Familien der Aulosphäriden und Sagosphäriden die größeren, vielgestaltigen Formen aus den Gattungen *Aulatractus, Sagenoarium* u. a. (Textfig. 154,8) den tieferen Regionen angehören und daß also auch hier mit wachsender Tiefe Volumen und Mannigfaltigkeit der Körperform eine Zunahme zeigen. In dieses Gesamtbild fügt sich auch *Cannosphaera antarctica* (Textfig. 154,6) ein, welche sich mit einem Durchmesser von nur 1,2—2 mm und mit ihrer kugeligen Gestalt als eine Bewohnerin der höheren Regionen, ja sogar der eigentlichen Oberflächenschichten zu erkennen giebt.

In der Gruppe der Phäocalpien lassen die Castanelliden weniger regelmäßige Verhältnisse erkennen. Allerdings finden sich, der Erwartung gemäß, von der am weitesten verbreiteten Form *(Castanidium variabile)* die kleinsten Exemplare mit einem Durchmesser von nur 0,3—0,35 mm in den obersten 200 m, aber andererseits ist es auffallend, daß gerade die größten Arten, nämlich *Castanea amphora* und *globosa,* welche einen Schalendurchmesser von 1,12 mm erreichen, nicht zu den ausgesprochenen Tiefenbewohnern gehören. Hier gilt offenbar wieder der Satz, daß nur innerhalb engerer Gruppen die Beziehungen zwischen Form und Medium deutlich hervortreten, und Aehnliches läßt sich auch für die nahe verwandten Circoporiden zeigen. Während nämlich in der Unterfamilie der Circoporinen z. B. der sehr kleine *Circoporus sexfuscinus* (Textfig. 154,10) noch in den Schichten oberhalb des 200 m-Horizontes vorkommt und von den großen Arten mindestens *Circospathis sexfurca* (Textfig. 154,14) eine ausgesprochene Tiefenbewohnerin zu sein scheint, sind die entfernter stehenden Häckelianinen (Textfig. 154,13) trotz ihrer verhältnismäßig geringen Größe entschieden skotoplanktonische Formen.

Für die dritte Gruppe der Phäocalpien, die Tuscaroriden, ist charakteristisch, daß nahezu sämtliche Glieder der Familie annähernd der nämlichen Größenklasse angehören. Offenbar hängt diese Erscheinung damit zusammen, daß, wenigstens nach den bisherigen Daten, alle Arten und Unterarten ungefähr in der nämlichen Tiefenstufe (400—1000) vorkommen (vergl. Syst. Teil, S. 210).

Ganz besonders deutlich treten die Beziehungen zwischen Größe, Form und Medium in der Familie der Challengeriden hervor (1904, S. 133ff.; 1906, S. 273ff.). Wenn man alle diejenigen Formen, welche nach dem vorliegenden Material in ausgesprochener Weise bestimmte Schichten bevorzugen und so als „Leitformen" für die einzelnen Horizonte angesehen werden können, zusammenstellt, so ergiebt sich auf den ersten Blick ein regelmäßiges Verhältnis, insofern den drei von den Challengeriden bewohnten Schichten auch drei Größenordnungen entsprechen:

		Länge des Schalendurchmessers (ohne Peristom)	Durchschnittliche Länge
II. Stufe:	*Ch. xiphodon* (154,17)	0,09—0,13	0,110
Challengeridenschicht	*P. Swirei* (154,18)	0,06—0,15	0,105
50—400 m	*P. Harstoni* (154,19)	0,13—0,18	0,155
III. Stufe:	*Ch. Bethelli*	0,18—0,25	0,215
Tuscarorenschicht	*P. Sloggetti* (154,25)	0,2 —0,3	0,250
400—1500 m	*P. Tizardi* (154,26)	0,22—0,33	0,275
IV. Stufe:	*Pharyngella gastrula* (154,30)	0,3 —0,36	0,330
Pharyngellenschicht	*P. Thomsoni* (154,29)	0,3 —0,4	0,350
1500—5000 m	*P. Naresi* (154,27—28)	0,5 —0,65	0,575

Es geht aus dieser Tabelle ohne weiteres hervor, daß mit zunehmender Tiefe im großen ganzen auch der Schalendurchmesser wächst. Ein besonders drastisches Beispiel hierfür bilden die beiden Arten der Gattung *Challengeria: Ch. xiphodon* (154,17) eine der verbreitetsten und häufigsten Challengeriden, ist mit einen Schalendurchmesser von 0,09 bis 0,13 mm eine ganz überwiegend knephoplanktonische Form, während *Ch. Naresi* (154,27—28), deren Schalenhöhe 0,5—0,65 mm beträgt, in ausgesprochener Weise dem Nyktoplankton angehört.

Ebenso wie die Größe, so ist auch die Schalenform der Challengeriden von der Tiefenverbreitung abhängig. Dies ist freilich nur innerhalb gewisser Grenzen nachweisbar, nämlich dann, wenn man ähnliche, im System sich näher stehende Formen miteinander vergleicht. Es stellt sich dann heraus, daß die Oberflächenformen mit Vorliebe die Kugelgestalt aufweisen, währeud die entsprechenden Tiefenformen im Interesse der Erleichterung der vertikalen Ortsbewegung seitlich abgeplattete Gehäuse bevorzugen. So zeigen z. B. die kleineren Exemplare von *Challengeria xiphodon* eine ausgesprochene Kugelgestalt, zuweilen sogar die bei den Tripyleen seltene Form einer oben und unten abgeplatteten Kugel (Taf. XLIX, Fig. 380), während *Ch. Naresi* durch eine starke seitliche Abplattung und eine kielförmige Verjüngung des Schalenrandes ausgezeichnet ist (Textfig. 141). Aehnliches findet man bei zwei anderen Arten, welche ihrer äußeren Erscheinung nach ebenfalls ein zusammengehöriges Paar bilden, nämlich bei *Protocystis tridens*, welche vorzugsweise die Challengeridenschicht bewohnt, und bei *P. Thomsoni*, die besonders zahlreich in den tieferen Regionen des Skoto- und Nyktoplanktons zu Hause ist. Ein weiteres Paar bilden die kleine, knephoplanktonische *P. Harstoni* (S. 525, Textfig. 150) mit nur wenig seitlich abgeplatteter Schale und die große, skotoplanktonische *P. Sloggetti* (Textfig. 149), deren Schale stark zusammengepreßt ist. Wie gesagt, gelten aber solche Vergleiche im allgemeinen nur, wenn man näher zusammengehörige Formen ins Auge faßt, die Beziehungen werden dagegen natürlicherweise undeutlicher, wenn man entfernter stehende Arten heranzieht. Es zeigt sich dann, daß auch einzelne Bewohner der Challengeridenschicht eine seitlich abgeplattete, linsenförmige Gestalt besitzen, z. B. *Heliochallengeron Channeri* (Taf. LI, Fig. 414), und daß umgekehrt Formen, die in sehr großen Tiefen angetroffen werden, eine geradezu vollendete Kugelgestalt aufweisen können, z. B. *Protocystis Murrayi* und einige nahestehende Formen (Taf. L, Fig. 407 bis 409, 411).

Bezüglich der nächsten Verwandten der Challengeriden, der Medusettiden, liegen nur wenige genaue Tiefenangaben vor, doch läßt sich so viel sagen, daß wenigstens die dünnschaligen,

annähernd kugeligen Zwergformen (*Medusetta inflata* 154,22, *Euphysetta Lucani* 154,23) in den Oberflächenschichten zu Hause sind. Die großen Planktonetten (154,24) scheinen in etwas tieferen Horizonten verbreitet zu sein.

Verhältnisse, welche den bei den Challengeriden beschriebenen in weitgehendem Maße analog sind, finden sich bei den Conchariden (1904, S. 136). Auch hier zeigen die knepho planktonischen und die skotoplanktonischen Formen beträchtliche Größenunterschiede — man vergleiche *Conchidium rhynchonella* (154,34) mit einem Schalendurchmesser von 0,15 und *Conchopsis pilidium* (154,42) mit einem solchen von 0,78—0,95 mm! — und andererseits weisen die vorzugsweise oberflächenbewohnenden Arten aus den Gattungen *Conchidium* und *Conchoceras* (154,33—35) eine nahezu sphärische oder wenigstens stark gewölbte Schalengestalt auf, während die tiefenlebenden *Conchopsis*-Arten, ähnlich wie *Challengeria Naresi,* seitlich abgeplattete Schalen mit kielförmig verjüngtem Rande besitzen (vergl. S. 514, Textfig. 143). Auch bei den Conchariden sind freilich Ausnahmen festzustellen: so besitzen die beiden ausgesprochen knephoplanktonischen Arten *Conchocystis lenticula* und *Conchophacus diatomeus* (153,36) linsenförmige Schalen, während das nyktoplanktonische *Conchellium tridacna* (153,39) eine nahezu sphärische oder aprikosenförmige Gestalt aufweist. Mag sich nun der Widerspruch zum Teil dadurch aufklären, daß die beiden erstgenannten Arten flach im Wasser liegen und so der Richtung der Schwerkraft ihre größte Fläche bieten [1]), oder mögen andere Verhältnisse in Betracht kommen, jedenfalls handelt es sich nur um Ausnahmen von unserer Regel. Daß aber solche Ausnahmen vorkommen, ist ebensowenig zu verwundern, wie die Thatsache, daß nicht alle arktischen Landtiere weiß und nicht alle pelagischen Formen durchsichtig und farblos sind, trotzdem Pigmentlosigkeit und Durchsichtigkeit als hervorstechende generelle Charaktere der arktischen bezw. der pelagischen Tierwelt bezeichnet werden können.

Was endlich die Cölodendriden anbelangt, so ist als einzige positive, unseren Punkt betreffende Thatsache zu konstatieren, daß speciell in der Gattung *Coelodendrum* die kleinen Arten, *C. ramosissimum* und *spinosissimum* (154,37), noch sehr häufig oberhalb des 200 m-Horizontes angetroffen werden, während das größere *C. furcatissimum* (154,38) nach den bisher vorliegenden Beobachtungen nur in der Antarktis den Oberflächenschichten nahekommt. Ueber den Aufenthalt der anderen, gestaltenreichen Gruppen der Cölodendriden ist leider nur wenig bekannt (vergl. Syst. Teil, p. 359).

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die übrigen, im Systematischen Teil besprochenen Radiolariengruppen, so läßt sich hier vorläufig noch wenig über die Giltigkeit unserer Regel sagen, da wir in der Kenntnis der Vertikalverbreitung dieser Abteilungen noch nicht über die allerersten Anfänge hinausgekommen sind. Noch mehr allerdings, als für die Tripyleen, scheint für die Spumellarien und Nassellarien der Satz Giltigkeit zu haben, daß die Beziehungen zwischen Größe, Form und Medium jeweils nur bei Betrachtung einer engeren Gruppe deutlich hervortreten und daß in den verschiedenen Abteilungen von den einzelnen Mitteln zur Erhöhung der Schwebfähigkeit in sehr verschiedenem Maßstab und in wechselnden Kombinationen Gebrauch gemacht wird. So konnten zunächst innerhalb der Familien der Astrosphäriden, Stylosphäriden und Lamprocycladiden einige Hinweise auf das Bestehen

1) Wie dies BORGERT auch für die *Conchopsis*-Arten annimmt (s. S. 514).

derartiger Beziehungen gefunden werden. Bis zu welchem Grade aber jede Formengruppe ihre eigenen Wege geht und wie wenig es möglich ist, von einer Radiolarienabteilung auf die übrigen Rückschlüsse zu machen, wird am besten durch die Thatsache illustriert, daß die größte bisher bekannte Radiolarienform, *Cytocladus* (155,1) in zwei Fällen oberhalb des 200 m-Horizontes angetroffen wurde, wobei in einem (DOFLEIN'schen) Fall allerdings die besonderen in der Sagamibucht herrschenden Auftriebsverhältnisse eine Rolle spielen mögen. Am besten fügt sich *Oroscena regalis* (155,2) den bei den Tripyleen gemachten Erfahrungen ein, indem sie, was Körpergröße und Massigkeit des Skelettes anbelangt, mit zahlreichen in den gleichen Horizonten vorkommenden Formen aus dieser Radiolariengruppe übereinstimmt.

c) Bildung von Fortsätzen. Bekanntlich spielt bei den Organismen des Phytoplanktons, bei den Diatomaceen und Peridineen, die Entfaltung von Schwebeapparaten in Gestalt von Borsten und stachelartigen Apophysen eine große Rolle, und durch die letzten Expeditionen konnten in der That auch engere Beziehungen zwischen dem Ausbildungsgrad dieser Anhänge und der Beschaffenheit des Mediums nachgewiesen werden. So unterscheiden sich, worauf CHUN (1900, S. 74) hinweist, nach SCHÜTT die Ceratien des kalten polaren Wassers durch ihre monotone, einfache und plumpe Gestalt von ihren oft bizarr gestreckten oder durch mächtig entwickelte Fortsätze ausgezeichneten Verwandten aus warmen Meeresgebieten; ebenso hat SCHIMPER darauf aufmerksam gemacht, daß in dem wärmeren, weniger salzhaltigen Guineastrom vorzugsweise die mit fallschirmartigen Schwebevorrichtungen ausgestatteten Peridineenformen, sowie vor allem auch Ceratien mit monströs langen Hörnern auftreten, während in den Aequatorialströmen Formen mit sehr kurzen Fortsätzen und relativ mangelhaft entwickelten Schwebevorrichtungen vorwiegen (CHUN, 1900, S. 73); und endlich konnte KARSTEN (1907, S. 458f.) zeigen, daß in dem durch höhere Temperatur, geringere Salinität und demnach geringere Dichte ausgezeichneten Indik die langgehörnten Ceratien mächtigere Hörner als im Atlantik besitzen.

Angesichts der kräftigen Entfaltung, welche die radiären Apophysen bei so vielen Radiolarien aufweisen, schien zunächst die Erwartung nicht unberechtigt zu sein, daß auch bei ihnen der Ausbildungsgrad der Radialstacheln in ähnlicher Weise einen Index für die physikalische Beschaffenheit des Mediums darstelle, wie dies bei den Peridineen der Fall ist. In der That hat POPOFSKY (1904, 1904a) speciell für die Acanthometren angegeben, daß verschiedene Formen im Atlantik längere Stacheln besitzen als im Mittelmeer, dessen Wasser einen größeren Salzgehalt und damit ein höheres specifisches Gewicht besitzt, und Aehnliches scheint nach POPOFSKY (1907) auch für die Acanthophrakten zu gelten.

Weniger einfach liegen aber offenbar die Verhältnisse bei den Tripyleen. Hier sind die Radialstacheln, entgegen der Auffassung früherer Forscher, weder ursprünglich noch allgemein als Schwebeeinrichtungen ausgebildet, vielmehr dienen sie ja in erster Linie als Stützapparate für die extrakalymmale Sarkodehaut und für das Calymma und sind als solche vollkommen vom Weichkörper eingeschlossen. Eine Vergrößerung der Körperoberfläche und damit des Formwiderstandes wird also in den meisten Fällen nicht durch einfache Verlängerung der Apophysen herbeigeführt, sondern zunächst nur indirekt durch die Radialstacheln vermittelt, insofern die von ihnen ausgespannt gehaltene Sarkodehaut bei Volumverminderungen des Weichkörpers zwischen den Spitzen der Radialstacheln Einbuchtungen erfahren kann, so daß zunächst ein facettiertes Oberflächenrelief zu stande kommt (vergl. z. B. S. 502,

Textfig. 135). Erst wenn diese Einbuchtungen sehr tief werden und gleichzeitig eine konstantere Form bekommen, und wenn sich also die Weichkörpersubstanzen scheidenartig um die Spitzen der Radialstacheln herumlegen (Textfig. 129, 130), kann man davon sprechen, daß die letzteren selber den Charakter von Schwebeapparaten anzunehmen beginnen. Im ganzen pflegt aber für eine Vergrößerung der Oberfläche nicht, wie bei den Acantharien und Peridineen, die Länge der radiären Skelettelemente, sondern viel eher ihre Zahl, ihre einseitige Anordnung, der gegenseitige Abstand und die Beschaffenheit der Terminalbildungen in Betracht zu kommen. In vielen Fällen werden allerdings die Radialstacheln nicht einmal bei geringer Zahl und einseitiger Gruppierung geeignet sein, den Formwiderstand und das Schwebevermögen zu erhöhen, dann nämlich, wenn sie vorwiegend an den Polen lokalisiert sind, wie bei manchen Tuscaroren (Textfig. 154,9) und Medusettiden (Taf. LIII, Fig. 438), oder aber, wenn sie ausschließlich in einer, die Schwerkraftsrichtung enthaltenden Meridianebene verteilt sind, wie z. B. bei *Heliochallengeron Channeri* (Taf. LI, Fig. 414) oder *Challengeron armatum* (Taf. LI, Fig. 419; Textfig. 142). Auch die stachelartigen Apophysen mancher oberflächenbewohnender Conchariden möchte ich nicht mehr, wie ich dies früher getan habe (1904, S. 136) und wie es auch von seiten Borgert's (1907, S. 227) geschehen ist, als Schwebeapparate im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern eher als Balancierapparate deuten.

Als ein weiterer Unterschied, welcher zwischen den Tripyleen einerseits und den Peridineen und Acantharien andererseits besteht, kommt, wie schon oben erwähnt wurde, in Betracht, daß die beiden letzteren Gruppen vorwiegend die Oberflächenschichten bewohnen und daß sich also bei ihnen die differenzierende Wirkung des Mediums ausschließlich bei horizontalem Uebergang von einem Meeresteil in den anderen geltend macht, während bei den meisten Tripyleen als ausgesprochenen Tiefenbewohnern die physikalischen Verschiedenheiten der übereinander liegenden Tiefenhorizonte einen größeren Einfluß auf die Formgestaltung ausüben.

So bin ich denn bei den Tripyleen nur in einzelnen Fällen auf Formen gestoßen, welche, ähnlich wie manche Peridineen und Acantharien bei allmählichem, horizontalem Fortschreiten aus den Warmwassergebieten in die Kühl- und Kaltwasserregionen eine entsprechende Veränderung des Schwebeapparates erkennen lassen. Es sei hier vor allem auf *Aulosphaera bisternaria* verwiesen, deren Radialstacheln in den Oberflächenschichten der tropischen Meere eine mehr ährenförmige, in den kalten Meeresgebieten eine doldenförmige Anordnung der Terminalbildungen aufweisen (1904a, S. 607; Syst. Teil, S. 114f., Taf. XII, Fig. 113—119, sowie dieser Teil, S. 503, Textfig. 136). In der Regel tritt aber bei den Tripyleen der Gegensatz deutlicher hervor, wenn man einerseits die Formen des wärmeren Oberflächenwassers, andererseits die ausgesprochenen Tiefenbewohner derselben Meeresregionen ins Auge faßt.

Schon die bekannteste aller Tripyleen-Arten, *Aulacantha scolymantha*, kann hier als Beispiel herangezogen werden. Während nämlich bei den kleinen Oberflächenformen (S. 502, Textfig. 133) die Nadeln, nur von einer dünnen Sarkodescheide umhüllt, frei über den Weichkörper hervorragen und so offenbar eine bedeutende Erhöhung des Formwiderstandes bedingen, ist bei der Mehrzahl der großen Tiefenexemplare der dichte Stachelwald vom Weichkörper vollkommen eingeschlosen, so daß zwischen den Stachelspitzen nur verhältnismäßig seichte Einbuchtungen entstehen können (Textfig. 135).

Fast noch schöner treten die Gegensätze bei den Aulosphäriden und Sagophäriden hervor. Bei den Formen des warmen Oberflächenwassers sind die schlanken, mit etagenförmig angeordneten Astquirlen ausgestatteten und nur von einer dünnen Plasmascheide bedeckten Radialstacheln in ausgesprochener Weise als Schwebeapparate ausgebildet, während in den kühleren, dichteren Tiefenschichten ebenso wie in den Kaltwassergebieten die stützende Funktion der radiären Skelettelemente vielfach ausschließlich erhalten bleibt, bezw. zu höchster Ausbildung gelangt ist. Man vergleiche auf der einen Seite *Aulosphaera elegantissima* (Taf. VII, Fig. 123 u. 124; Textfig. 132), *Aulastrum mirabile* (Taf. XIV, Fig. 141 u. 142), *Auloscena pelagica* (Taf. XIII, Fig. 137; Textfig. 129), *Sagoscena elegans* (Taf. XV, Fig. 151; Textfig. 130) und andere Formen, welche wohl sämtlich, worauf schon die zierliche Beschaffenheit des Skelettes hinweist, phao- oder doch wenigstens knephoplanktonischen Charakters sind, auf der anderen Seite *Auloscena verticillus* (Taf. XIII, Fig. 136; Textfig. 110) und *Sagenoscena irmingeriana* (Taf. XVII, Fig. 159 u. a.) und die mannigfach gestalteten, derber gebauten, zweifellos tiefenbewohnenden Verwandten dieser beiden Arten.

Auch unter den Castanelliden bewohnen die Formen mit verhältnismäßig wenigen, langen Hauptstacheln, zwischen deren Spitzen die Weichkörperoberfläche tiefere Einbuchtungen erfahren kann (*Castanidium sol*, Taf. XXXVI, Fig. 273, *C. Murrayi*, Taf. XXXVI, Fig. 274, *C. longispinum*, Taf. XXXVII, Fig. 285), im allgemeinen mehr die oberen Horizonte (Schicht des Knephoplanktons), während die Formen mit einem dichten Stachelwald (*Castanidium Apsteini*, Taf. XXXV, Fig. 272) oder mit einem Besatz von kurzen Nebendornen (*Castanella Sloggetti*, Taf. XXXIV, Fig. 260, 261), bei welchen also die Weichkörperoberfläche eine mehr gleichmäßige Rundung aufweist, vorwiegend in tieferen Regionen (Schicht des Skotoplanktons) vorzukommen scheinen. Doch läßt sich diese Unterscheidung nicht in der ganzen Gruppe durchführen: denn einerseits ist die Zahl der Beobachtungen noch zu gering, um die Vertikalverbreitung der einzelnen Formen mit Sicherheit feststellen zu können, auf der anderen Seite werden von den verschiedenen Gruppen verschiedene Mittel zur Erhöhung der Schwebefähigkeit bevorzugt, und es gilt auch hier der Satz (1904a, S. 606), „daß wir insbesondere dann die Beziehungen zwischen Skelettstruktur und Beschaffenheit des Wassers klar hervortreten sehen, wenn wir nächstverwandte, zu einer engeren Gruppe, also zu einer Großart oder Gattung gehörige Formen miteinander vergleichen".

Angesichts der Kompliziertheit des ganzen zwischen Form und Medium bestehenden Verhältnisses (s. S. 560) und angesichts des Umstandes, daß bei den einzelnen Gruppen die Schwebefähigkeit auf sehr verschiedenem Wege erreicht wird — eine Erscheinung, die nach HENSEN und KARSTEN auch bei den Diatomeen deutlich hervortritt (KARSTEN, 1905, S. 18) — kann es nicht überraschen, wenn die extremste Entwickelung einzelner Radialstacheln zu Schwebeapparaten nicht bei Bewohnern des oberflächlichen Warmwassers, sondern gerade bei tiefenlebenden Kühl- und Kaltwasserformen, nämlich bei den Tuscaroren, stattgefunden hat. Freilich dürften bei der Entfaltung dieser außerordentlich langen, nur von einer dünnen Plasmascheide überzogenen Apophysen nicht bloß die statischen Bedürfnisse, sondern auch diejenigen der Nahrungsaufnahme eine wesentliche Rolle gespielt haben. Wenigstens liegt die Vermutung nahe, daß in den von den Tuscaroren bewohnten Schichten die Nahrung eine spärlichere ist, als in den höher liegenden Horizonten, und daß daher in den ersteren auf die Ausbildung von besonderen Fangapparaten ein größerer Wert gelegt wird.

Ob bei den großen Medusettiden, insbesondere bei den Planktonetten und deren nächsten Verwandten, sowie bei den griffeltragenden Cölodendriden ähnliche Verhältnisse gelten, oder ob hier vielleicht engere Beziehungen zwischen der Ausbildung der Schwebeapparate und der physikalischen Beschaffenheit des Mediums bestehen, läßt sich mit Hilfe der dürftigen Mitteilungen, welche uns bezüglich der Vertikalverbreitung aller dieser Formen zur Verfügung stehen, bis jetzt nicht feststellen.

Ein Blick auf die übrigen Radiolariengruppen läßt die Erwartung gerechtfertigt erscheinen, daß bei genauerer Kenntnis ihrer Verbreitungsverhältnisse ähnliche Beziehungen zwischen der Ausbildung des Schwebeapparates und der physikalischen Beschaffenheit des Mediums ermittelt werden, wie bei den Acantharien und Tripyleen. Es sei nur auf ein Beispiel hingewiesen. Unter den zu den Spumellarien gehörigen Astrosphäriden sind die mit wenigen, langen Radialstacheln bewehrten Formen, z. B. die *Cladococcus*-Arten, soviel bis jetzt bekannt ist, Oberflächenbewohner, und zwar sind sie nach den Untersuchungen von H. Mast ausschließlich in den warmen Meeresgebieten zu Hause. Dagegen scheinen die zur gleichen Gruppe gehörigen Acanthosphären, welche gleichmäßig mit einem dichten Wald von Nebendornen bedeckt sind (Taf. LXXXIII, Fig. 574), zum Teil wenigstens ausgesprochene Tiefenformen zu sein. Es tritt also innerhalb der Familie der Astrosphäriden ein ähnlicher morphologischer Gegensatz zwischen den Oberflächen- und Tiefenbewohnern hervor, wie beispielsweise bei den Aulacanthiden und Castanelliden.

d) Gewichtsverhältnisse. Wenn auch über die Gewichtsverhältnisse der einzelnen Weichkörperteile der Radiolarien nur sehr wenig bekannt ist und im wesentlichen nur auf die Beobachtungen Brandt's (s. S. 510) hingewiesen werden kann, so geht doch schon aus der Thatsache, daß die leeren Skelette im Meerwasser zu Boden sinken, mit Sicherheit hervor, daß jedenfalls die Skelettsubstanz schwerer als das letztere ist, und so wird man keinen Fehler begehen mit der Annahme, daß das specifische Gewicht des Körpers und damit also auch die Schwebefähigkeit sehr wesentlich von der Massenentwickelung des Skelettes abhängig ist. Man wird also auch zu erwarten haben, daß deutliche Beziehungen zwischen der physikalischen Beschaffenheit des Mediums und der Massenentwickelung der Skelettsubstanz bestehen, und thatsächlich tritt nicht bloß bei den Tripyleen, sondern auch bei anderen Radiolariengruppen in unzweideutiger Weise das Verhältnis hervor, daß die Bewohner des wärmeren, dichteren Oberflächenwassers ein zierlicheres, die Tiefenformen ein derberes Skelett besitzen. Bei Formen mit gehäuseförmigem Hauptskelett äußert sich dies Verhältnis im wesentlichen in der Verschiedenheit der Wanddicke der Schale, bei denjenigen Tripyleengruppen dagegen, deren Skelett aus hohlen Stacheln oder Balken zusammengesetzt ist, stellt die Wanddicke dieser letzteren Skelettelemente den variabeln Faktor dar.

Am deutlichsten treten die Beziehungen zwischen dem Aufenthaltsort und der Skelettstruktur wiederum bei den Challengeriden, bei den kleineren Medusettiden und den Conchariden hervor. So wurde z. B. von *Protocystis Thomsoni* (Taf. XLIX, Fig. 388, 389), wenigstens in den warmen Meeresgebieten, die derbwandige Varietät nur in sehr großen Tiefen, die dünnschalige in beträchtlich höheren Horizonten angetroffen, wogegen allerdings in den kalten Meeresgebieten, entsprechend der größeren Gleichmäßigkeit speciell der Temperaturverhältnisse, beide Formen nebeneinander in verschiedenen Tiefenhorizonten gefunden wurden. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei

Challengeron armatum (Taf. LI, Fig. 419, 420; Textfig. 142), welches wenigstens im Indik beim Uebergang in tiefere Schichten eine augenscheinliche Zunahme der Schalendicke und also die Bildung vertikaler Unterarten erkennen läßt (1904, S. 136; Syst. Teil, S. 276), und vermutlich werden spätere Untersuchungen auch für die Riesin unter den Challengeriden, für *Challengeria Naresi* (Taf. XLVIII, Fig. 370; Taf. XLIX, Fig. 377), derartige Regelmäßigkeiten hervortreten lassen.

Auch unter den kleinen Medusettiden scheinen die dünnschaligen Arten (*Euphysetta Lucani, Medusetta inflata*, Taf. LIII, Fig. 436, 437) vorzugsweise die oberflächlichen, die Formen mit dicker, durch ein quadratisches Leistenwerk verstärkter Schale (*Euphysetta elegans* und *amphicodon*, Fig. 435, 440) die tieferen Regionen zu bewohnen, und unter den Conchariden läßt sich der gleiche Gegensatz nachweisen, insofern die Oberflächenformen großenteils dünnwandige, einige Tiefenbewohner (*Conchellium tridacna, Conchopsis pilidium*) dagegen sehr derbwandige Schalen besitzen. (Ueber die Tuscaroriden vergl. Syst. Teil, S. 190.)

Was die Tripyleen mit hohlen Stacheln und Skelettbalken, speciell die Aulosphäriden, anbelangt, so ist leider zur Zeit die Vertikalverbreitung der einzelnen Formen noch nicht genügend klargelegt, um die Beziehungen zwischen Aufenthalt und Schalenstruktur deutlich hervortreten zu lassen. Immerhin kann so viel gesagt werden, daß wenigstens diejenigen Formen, für welche ein phaoplanktonisches Vorkommen wirklich erwiesen ist (*Aulosphaera elegantissima*, Textfig. 132, *Auloscena pelagica*, Textfig. 129), ein zartes Skelett mit dünnen Balkenwandungen besitzen, während die Arten mit derben, dickwandigen und daher vielfach gelblich erscheinenden Skelettelementen (*Aulosphaera robusta*, Taf. XI, Fig. 110, *Auloscena robustissima*, Taf. XIII, Fig. 134, *Auloscena atlantica*, Taf. XIII, Fig. 132) bisher nur in tiefer gehenden Vertikalnetzzügen erbeutet worden sind.

In besonders schöner Weise tritt die Derbschaligkeit der Tiefenformen in den Gruppen der Sphärellarien und Cyrtellarien hervor. Trotzdem die Kenntnis dieses für die Tiefseeforschung neugewonnenen Gebietes erst in den Anfängen begriffen ist, und trotzdem das vorliegende Schließmaterial noch sehr große Lücken aufweist, kann doch schon mit großer Wahrscheinlichkeit der Satz aufgestellt werden, daß auch unter den Sphärellarien und Cyrtellarien die Oberflächenbewohner im großen ganzen zierliche, dünnschalige, die Tiefenformen dagegen sehr derbwandige, zum Teil sogar unverhältnismäßig grobe und plumpe Skelette besitzen. Es sei hier vor allem auf die Astrosphäridengattung *Acanthosphaera* (Taf. LXXXIII, Fig. 574, 575), auf die Stylosphäridengattung *Ellipsoxiphium* (Taf. LXXXIV, Fig. 587), auf die Gruppe der Lamprocycladiden (Taf. LXXXV, Fig. 593, 596) und auf die beiden antarktischen Tiefenformen *Saccospyris antarctica* (Taf. LXXXIV, Fig. 591) und *Peromelissa denticulata* (Taf. LXXXIV, Fig. 590) hingewiesen. Angesichts dieser Regelmäßigkeit scheint mir der Verdacht zu bestehen, daß die zahlreichen derbwandigen Sphärellarien und Cyrtellarien, welche im „Challenger"-Report und in den paläontologischen Zusammenstellungen beschrieben worden sind, mindestens großenteils einen skoto- oder nyktoplanktonischen Charakter besitzen oder besaßen, und man würde so zu dem weiteren Schluß geführt, daß die im Grundschlamm des Oceans und in den tertiären, meso- und paläozoischen Sedimenten gefundenen Radiolarien zu einem sehr beträchtlichen Teile nicht der Oberflächen-, sondern der Tiefenfauna des Meeres entstammen.

Im Zusammenhang damit mag hervorgehoben werden, daß unter den als Tiefenbewohner zu betrachtenden Sphärellarien und Cyrtellarien eine ganze Anzahl außerhalb der derben Haupt-

schale eine „sekundäre, äußere Rindenschale“ entwickelt hat (vergl. Syst. Teil, S. 439, Textfig. 75, 77). Man wird wohl diese Differenzierung mit der massigeren und robusteren Entfaltung der extrakapsulären Sarkode der Tiefenformen in Verbindung bringen dürfen (Syst. Teil, S. 432).

Es bleibt noch übrig, einen Punkt zu erledigen. Daß bei den Oberflächenbewohnern die geringere Massenentwickelung des Skelettes den Vorteil der Gewichtsersparnis mit sich bringt, ist ohne weiteres einleuchtend; wie ist aber die Derbwandigkeit der Tiefenformen zu erklären? Zunächst ist es klar, daß sie rein kausal in der Beschaffenheit der lebenden Substanz begründet sein kann: das Plasma der großen Tiefenbewohner besitzt, wie durch die in der Regel bessere Konservierung bewiesen wird, im Interesse der inneren Konsistenz eine weniger flüssige, derbere Beschaffenheit als dasjenige der kleinen Oberflächenformen, und so wird es schon aus rein konstitutionellen (physiologisch-chemischen) Gründen zu einer mächtigeren Entfaltung der Skelettsubstanzen befähigt sein. Außerdem wird man aber, vom teleologischen Standpunkt aus, sagen dürfen, daß die Tiefenformen, eben weil für sie das Prinzip der Material- und Gewichtsersparnis in geringerem Grade ausschlaggebend ist, sich im Interesse eines besseren Schutzes mit einem massiveren Skelette zu versehen vermögen.

Vielleicht ist von ähnlichen Gesichtspunkten aus eine höchst merkwürdige Erscheinung zu deuten, welche mir gleich bei Beginn meiner Untersuchungen aufgefallen war und für welche ich lange Zeit keine Erklärung finden konnte. Es handelt sich um die Thatsache, daß in allen Tripyleengruppen mit radiären Skelettelementen die antarktischen Formen im allgemeinen ein dichteres, aus zahlreicheren Strahlen bestehendes, reichlicher verzweigtes oder stärker dichotomisch gegabeltes Skelett aufweisen, als die tropisch-atlantischen und tropisch-indischen. Das Radiärskelett der antarktischen Formen erscheint, vom Weichkörper entblößt, im ganzen „struppiger“ als das der tropischen Arten.

Ein besonders schönes Beispiel bildet die Aulacanthide *Aulospathis variabilis*, deren tropische Unterarten *tetrodon* und *triodon* nach Süden zu allmählich in die antarktische Variante *diodon* übergehen. Hier nimmt allerdings die Zahl der Terminaläste vom Aequator nach der Antarktis zu ab, aber die Zahl der Radialstacheln erfährt eine ganz bedeutende Vermehrung. Während nämlich bei den aus warmen Meeresgebieten stammenden *tetrodon*- und *triodon*-Exemplaren die Zahl der Radialstacheln im Durchschnitt 20—30 beträgt, steigt diese Zahl bei den antarktischen *diodon*-Exemplaren auf 70—80 (Taf. VIII, Fig. 86). Ein ganz ähnliches Verhältnis kehrt bei anderen Aulacanthiden wieder: so zeigen die Figg. 18 und 19 (Taf. II) den Gegensatz zwischen einer aus dem tropischen Atlantik stammenden *Aulographis pandora* mit verhältnismäßig wenigen Radialstacheln und einer antarktischen *Aulographis stellata*, welche über 100 Radialstacheln besitzt.

Unter den Aulosphäriden weisen die Unterarten der kosmopolitischen *Aulosphaera bisternaria* ähnliche Uebergänge auf, wie diejenigen von *Aulospathis variabilis*, nur daß bei ersteren nicht eine Vermehrung der Zahl der Radialstacheln selber, sondern der Zahl der Terminal- und Subterminaläste stattfindet (Textfig. 136), und dasselbe trifft im ganzen für die Unterarten von *Auloscena verticillus* zu (Textfig. 110).

Unter den Castanelliden ist es eine bipolare Form, *Castanidium Apsteini*, welche die größte Zahl von eigentlichen Radialstacheln (Hauptstacheln) besitzt (Taf. XXXV, Fig. 272; Textfig. 154,15). Speciell bei den antarktischen Exemplaren bilden diese einen dichten Wald,

welcher die Schale entweder gleichmäßig bedeckt oder namentlich am oralen Pole zusammengedrängt ist.

Eine genaue zahlenmäßige Kontrollierung dieses Verhältnisses ist bei einer Tuscaroride, *Tuscaretta globosa*, möglich. Die in den Tiefen des Atlantik lebende Variante, *T. globosa atlantica* (Taf. XXVIII, Fig. 215), besitzt gewöhnlich nur 4, seltener 5 Aboralstacheln, dagegen weist die antarktische Form, *T. globosa Chuni* (Taf. XXVIII, Fig. 216), nur noch sehr selten 4, gewöhnlich 5 und in einigen Fällen sogar 6 Aboralstacheln auf.

Endlich möge auf zwei Paare füreinander vikarierender Cölodendriden hingewiesen werden. Das eine wird gebildet durch das in den wärmeren Meeren gemeine *Coelodendrum furcatissimum* (HAECKEL, Rep., Taf. CXXI, Fig. 1—4) und den antarktischen *Coelechinus wapiticornis* (Taf. XLIV, Fig. 492). Die beiden Formen, welche in der Anordnung der radiären Skelettstrukturen und damit im ganzen Habitus eine sehr weitgehende Uebereinstimmung zeigen, sind unter anderem dadurch verschieden, daß bei ersterer die Verzweigung rein dichotomisch ist, während bei der antarktischen Form von der ersten Gabelungsstelle nicht zwei, sondern in der Regel drei Hauptäste abgehen. Auf diese Weise kommt auch hier eine reichlichere Verästelung zu stande.

Ein ähnliches Paar bilden die tropische *Coelodecas pygmaea* (Taf. LXVII, Fig. 501) und die antarktische *C. ambulacrum* (Taf. LXVII, Fig. 503; Textfig. 103).

Aber nicht nur die Tripyleen lassen den erwähnten Gegensatz zwischen antarktischen und tropischen Formen fast in allen Abteilungen hervortreten, vielmehr scheint das nämliche auch für andere Radiolariengruppen zu gelten. So weisen z. B. bei zwei typisch antarktischen Cyrtellarien, bei *Peromelissa denticulata* (Taf. LXXXIV, Fig. 591) und *Saccospyris antarctica* (Taf. LXXXIV, Fig. 590) die radiären Skelettstrukturen (d. h. die Balken der Cortinarplatte) wohl die reichlichste Verzweigung auf, welche bis jetzt von diesen Bildungen bekannt ist, und ebenso ist der antarktische *Thalassothamnus ramosus* (Taf. LXXIV, Fig. 538) durch sein stärker verzweigtes, „struppigeres“ Skelett von dem warmwasserbewohnenden *Th. genista* (Taf. LXXIII, Fig. 537) unterschieden.

Man wird wohl mindestens bei einer Anzahl der hier aufgezählten antarktischen Formen die Vermehrung der radiären Skelettelemente in ähnlicher Weise zu deuten haben, wie die Verdickung der Schalenwand: es ist anzunehmen, daß in dem dichten Kaltwasser der Antarktis ebenso wie in dem Tiefenkühlwasser der wärmeren Meeresgebiete das Bedürfnis der Material- und Gewichtsersparnis etwas zurücktreten kann, und daß dafür die Schutz- und Stützeinrichtungen eine stärkere Ausbildung erfahren. Inwieweit dabei auch Beeinflussungen direkt kausaler Natur mitspielen, mag dahingestellt bleiben.

In den vorstehenden Erörterungen über die Abhängigkeit der Größen-, Gestalt- und Strukturverhältnisse von dem umgebenden Medium, insbesondere auch in den letzten Abschnitten, wird möglicherweise manchem Leser die Menge der positiven Thatsachen und sicher begründeten Beziehungen nicht genügend erscheinen. Man wird vielleicht sagen, es gäbe doch zu viele Ausnahmen von der Regel, und von dem Satz, daß die Regelmäßigkeiten im allgemeinen nur bei Betrachtung einer engeren Gruppe volle Giltigkeit haben, sei ein zu weitgehender Gebrauch gemacht worden.

Solchen Einwänden gegenüber darf ich vielleicht hervorheben, daß sich mir die meisten morphologischen Eigentümlichkeiten, welche die Bewohner bestimmter Breiten und Tiefen aufweisen, schon bei der ersten Durchsicht des Materials aufgedrängt haben, ehe mir die teleologischen

Beziehungen zwischen Form und Medium, welche andere Forscher in Bezug auf verschiedene Planktonorganismen ermittelt hatten, im einzelnen bekannt waren. Die auffallenden Größenunterschiede zwischen den oberflächlichen und tiefenbewohnenden Challengeriden und Conchariden, die Abweichungen von der Kugelgestalt, welche die Angehörigen der meisten Gruppen in größeren Meerestiefen aufweisen, der Wechsel zwischen dem Aehren- und Doldentypus der Radialstacheln, wie er sich innerhalb enger systematischer Gruppen je nach dem Aufenthaltsorte bemerklich macht, die Derbheit der Skelettstrukturen der tiefenlebenden Formen und die „Struppigkeit" antarktischer Arten, alle diese Erscheinungen treten dem Beobachter auf Schritt und Tritt in den Weg, und sie werden sicher auch von späteren Untersuchern nachgewiesen werden, wenn vielleicht auch die teleologische Deutung, welche ich zu geben versuchte, in manchen Einzelheiten sich als unrichtig herausstellen wird.

Die zahlreichen Ausnahmen aber, durch welche unsere Regeln durchbrochen werden, finden leicht eine Erklärung.

Neben dem Gesamteindruck, daß das Radiolarienskelett nicht als ein lusus naturae, sondern durchaus als eine Anpassungseinrichtung aufzufassen ist, wird nämlich, wie ich glaube, auch das weitere Ergebnis sicher bestehen bleiben, daß sich der Radiolarienkörper und insbesondere sein Kieselskelett den Verhältnissen der Außenwelt auf sehr verschiedenem Wege, unter Zuhilfenahme sehr mannigfaltiger Strukturverhältnisse angepaßt hat. Die Bevorzugung irgend eines einzelnen Anpassungsweges aber kann die geringere Beanspruchung oder gänzliche Beiseitelassung eines anderen ermöglichen, bezw. ontogenetisch bedingen, und so ist es eine ganz natürliche Sache, wenn z. B. viele Oberflächenformen auf lange, den Formwiderstand erhöhende Apophysen verzichten, wenn ihnen andere Mittel zur Erhöhung der Schwebefähigkeit zur Verfügung stehen, oder daß umgekehrt Tiefenformen lange Apophysen zur Entfaltung bringen, wenn vielleicht ihr Körper durch Einrichtungen anderer Art zu stark beschwert ist, oder wenn es im Interesse der Nahrungsaufnahme erforderlich wird.

Konvergenzbildungen.

Die Erkenntnis, daß das Radiolarienskelett bis in die kleinsten Einzelheiten an bestimmte Funktionen und an bestimmte Mediumsverhältnisse „angepaßt" ist, wirft auch ein Licht auf die außerordentlich große Zahl weitgehender Konvergenzbildungen, denen man innerhalb der ganzen Klasse und vor allem bei den Tripyleen begegnet. Begünstigt wird selbstverständlich die Entstehung solcher Konvergenzen durch den Umstand, daß, wie im folgenden Abschnitt gezeigt werden soll, der Verlauf und die Mittel des ontogenetischen Geschehens, wenigstens in den meisten Gruppen, eine sehr große Uebereinstimmung zeigen, und daß es anscheinend nur geringfügiger Impulse bedarf, um den für eine Gattung oder eine Familie typischen Entwickelungsgang sozusagen in ein anderes Geleise hinüberzuwerfen. Bezeugt wird dies, wie gleich hier kurz angedeutet werden soll, durch zahlreiche Monstrositäten, welche den Charakter von Uebergriffen einer Species in den Formenbereich entfernter stehender Arten, Gattungen oder Familien haben.

Schon in den vorhergehenden Kapiteln war wiederholt von allerlei Konvergenzen die Rede. Es sei z. B. an die auffällige Uebereinstimmung erinnert, welche eine Aulosphäride und eine Sagosphäride *(Aulosœna atlantica* und *Sagenoscena lampadophora)* hinsichtlich des Aufbaues der keulenförmigen Radialstacheln zeigen (S. 487, Textfig. 112 u. 113), eine Parallelentwickelung welche allerdings weniger auffällig ist, als ich ursprünglich (1905, S. 344, Anm. 1) dachte, da sich inzwischen die ersten Stufen der Skelett-Ontogenese für beide Familien als identisch herausgestellt haben. Ebenso wurde bereits auf die sekundären Differenzierungen hingewiesen, durch welche das Skelett einer Species der Gattung *Aulographonium (Aul. mediterraneum)* demjenigen von *Aulospathis variabilis monodon* und gleichzeitig von *Aulopetasus charoides* ähnlich gemacht wird (vergl. S. 504, Textfig. 138 mit Taf. VII, Fig. 80, und Taf. V, Fig. 47 u. 48).

Hierher gehören ferner die als Ankerfädchen bezeichneten Bildungen, welche in den verschiedensten Tripyleengruppen zur selbständigen Entwickelung gekommen sind, so bei den Cannosphären (Taf. XV, Fig. 144), Planktonetten (Taf. LVI, Fig. 452) und bei den Cölodendriden (Taf. LXVII—LXIX). Auch die den Ankerfädchen nahestehenden Terminalbildungen mit korkzieherartig gewundenen Fäden und linsenförmigen Spathillen sind, wie schon FOWLER hervorgehoben hat, an drei verschiedenen Stellen zur Ausbildung gelangt, bei der wunderbaren Tiefsee-Aulacanthide *Aulocoryne zetesios* (Taf. V, Fig. 46), bei *Cannorhaphis spathillata* (Rep., Taf. CI, Fig. 5) und bei *Coelodrymus ancoratus* (Rep., Taf. CXXI, Fig. 10).

Ueberhaupt sind es natürlich die Terminalbildungen, welche zur Konvergenzentwickelung neigen. Denn da diese übereinstimmend die Funktion haben, die extrakalymmale Sarkodehaut zu stützen, so ist schon von vornherein die Zahl der möglichen Konstruktionsformen eine einigermaßen begrenzte, und es werden im wesentlichen immer wieder Modifikationen einerseits des Kronen-, Kandelaber- oder Doldentypus, andererseits des dichotomischen Aufbaues zur Wiederholung kommen. Bei der Gleichheit der angewandten ontogenetischen Mittel ist es dann nicht auffällig, wenn innerhalb dieses Spielraumes vielfach auch eine Uebereinstimmung der speciellen Strukturverhältnisse erzielt wird. Als Beispiele mögen die funktionell gleichwertigen und zweifellos auch ontogenetisch übereinstimmenden Endverzweigungen einerseits von *Auloceros arborescens irregularis* (Taf. III, Fig. 31), andererseits von *Coelodecas ambulacrum* (Taf. LXVII, Fig. 503; vergl. S. 482, Textfig. 103) dienen, welche im wesentlichen sich nur durch die Zahl der primären Aeste — bei ersterem 3, bei letzterem 2 — unterscheiden.

Aber nicht bloß auf die Terminalbildungen, sondern auch auf andere Strukturteile kann sich die Konvergenzentwickelung erstrecken. So kehrt z. B. das korbförmige Peristom mancher Tuscaroriden (Taf. XXVII, Fig. 207, 209, 210; vergl. S. 520, Textfig. 147) bei *Challengeranium diodon* (Taf. L, Fig. 399) wieder, und innerhalb der erstgenannten Familie ist es bei Angehörigen verschiedener Verwandtschaftsgruppen, teils auf dem Wege der eigentlichen Konvergenz, teils auf Grund von analoger Entwickelung, zur Differenzierung helm- oder vogelkopfähnlicher Peristombildungen gekommen (Syst. Teil, S. 213, Textfig. 22, 3. Vertikalreihe)[1].

Die Konvergenz kann sich schließlich auch auf den Gesamthabitus des Skelettes beziehen. Ein bemerkenswertes Beispiel bietet die Cölodendridengattung *Coelanthemum* (Taf. LXVIII,

1) Bei *Tuscaridium galeatum* (Textfig. 22f) und *cygneum* (i), welche vorläufig in einer Gattung untergebracht sind, ist das „gebogene" Peristom durch Verlängerung und Umbiegung des Peristomhalses selber, bei *Tuscaretta passercula* (c) durch schnabelförmige Umbildung eines Oralstachels zu stande gekommen.

Fig. 507) dar, welche im ganzen Aufbau des Skelettes und in der Verzweigung der Radialstacheln einerseits an manche Formen der Aulacanthidengattungen *Auloceros* (Taf. III, Fig. 22) und *Aulospathis* (Taf. VII, Fig. 82 u. a.), andererseits an verschiedene Astrosphäriden, z. B. an *Lychnosphaera regina* (Haeckel, Rep., Taf. XI, Fig. 1) erinnert. Namentlich die flachen, domartigen Versteifungen der Radialstacheln, die uns bei *Coelanthemum* in besonderer Eleganz entgegentreten (Taf. LXIX, Fig. 516), haben mit den lateralen Verästelungen von *Lychnosphaera* eine große Aehnlichkeit.

Als ein weiteres hierher gehöriges Beispiel ist die doppelte Gitterschale einerseits der *Sagenoarium*-Arten (S. 488, Textfig. 114), andererseits der koloniebildenden Tuscaroren zu erwähnen (Taf. XXIX, Fig. 222).

Im Hinblick auf die Frage nach den Beziehungen zwischen Form und Medium scheint mir nun die weitere Thatsache von Interesse zu sein, daß die Angehörigen verschiedener Gruppen hauptsächlich dann eine Konvergenz des ganzen Habitus erkennen lassen, wenn sie die gleichen Oertlichkeiten bewohnen.

So pflegen die Aulosphäriden und Sagosphäriden in gleichen Meeresteilen auch übereinstimmende Größen- und Gestaltsverhältnisse zu zeigen: in den Oberflächenschichten der warmen Meere sind beide Familien durch kleinere, kugelige Formen, in den Kaltwassergebieten dagegen hauptsächlich durch birn- oder ballonförmige Typen vertreten. Ferner fanden sich in verschiedenen, den wärmeren Meeresgebieten entstammenden Vertikalnetzzügen (z. B. T.-St. 44) nebeneinander die ungleichpoligen Spindelformen von *Aulatractus fusiformis* und von *Sagenoarium Chuni*, also von zwei Arten, welche nicht bloß in der Gestalt, sondern vielfach auch in der Größe aufs genaueste übereinstimmen (vergl. Taf. XLVII, Fig. 358 u. 364).

Sehr auffallend war mir auch die außerordentliche Konvergenz, welche die tiefenbewohnende Concharidenart *Conchellium tridacna* (Taf. LX, Fig. 470) mit den in den gleichen antarktischen Stationen erbeuteten Castanelliden hinsichtlich der Größe, der Beschaffenheit der Schalenwandung und der Poren zeigte.

Wenn sich schon bei den Angehörigen verschiedener selbständiger Abteilungen der nivellierende Einfluß gleicher Lebensbedingungen, manchmal in unmittelbar augenfälliger Weise, geltend macht, so ist es nicht zu verwundern, wenn die Angehörigen der nämlichen Familie oder Gattung an einer und derselben Oertlichkeit die Neigung zu konvergierender Variation hervortreten lassen. So stimmt z. B. *Tuscaretta tubulosa*, und zwar als var. *typica* (Taf. XXX, Fig. 234), in den wärmsten Teilen des Atlantik und Indik hinsichtlich der Schalenform mit einigen Exemplaren von *Tuscaretta Belknapi* (Taf. XXXI, Fig. 238) und *Tuscarora bisternaria*, sowie mit *Tuscaretta cepa* (Taf. XXVIII, Fig. 221) sehr genau überein, also mit lauter Arten, welche in den gleichen Meeresgebieten zu Hause sind. Dagegen läßt die im Benguelastrom vorkommende Varietät (*T. tubulosa* var. *sphaeridium*, Taf. XXX, Fig. 225) in Bezug auf Größe, kugelige Schalenform, Schalendicke und Vierzahl der Aboralstacheln eine weitgehende Konvergenz mit einer ebendaselbst verbreiteten Varietät von *Tuscaretta globosa* (var. *atlantica*, Taf. XXVIII, Fig. 215) erkennen. Speciell in der T.-St. 88 wurden beide Formen nebeneinander angetroffen. Auch zwei merkwürdige, dreieckig-schildförmige, mit nur 2 Aboralstacheln ausgestattete Formen, nämlich *Tuscarilla scutellum* (Taf. XXVI, Fig. 203) und *Tuscarantha Braueri* var *triangula* (Taf XXVII,

Fig. 210), wurden von der „Valdivia", wenn auch nicht an der gleichen Station, so doch beide im östlichen Indik (T.-St. 173—215) angetroffen.

Bei der verhältnismäßig großen Zahl von Fällen, in welchen konvergierende Formen aus verschiedenen Familien oder Gattungen in den nämlichen Meeresgebieten erbeutet wurden, darf es wohl als ausgeschlossen gelten, daß immer nur ein zufälliges Zusammentreffen vorliegt. Es treten vielmehr gerade in diesen Vorkommnissen die engen Beziehungen zwischen Form und und Medium besonders deutlich hervor, und es wird der Verdacht nicht abzuweisen sein, daß außer denjenigen äußeren Faktoren, welche bisher als formbestimmend erkannt worden sind (Temperatur, Salinität, einseitiger Wasserdruck, vielleicht auch Beschaffenheit der Nahrung), noch andere unbekannte, zum Teil örtlich lokalisierte Reizwirkungen existieren, auf welche das Skelett der Radiolarien teils direkt mechanisch, teils auf dem Wege komplizierterer Adaptationen reagiert.

Mit großem Bedauern sieht sich freilich der Untersucher der Thatsache gegenübergestellt, daß die formenreiche Welt der Tiefsee-Radiolarien, welche so zahlreiche Beziehungen zwischen Form und Medium ahnen läßt, dem Experimente nur wenige Angriffsgelegenheiten darbietet, und daß vorderhand nur eine geringe Aussicht besteht, allen diesen Wahrscheinlichkeiten und Vermutungen weiter nachgehen zu können. Immerhin darf man wohl hoffen, daß es gelingt, wenigstens die skelettbildenden Polycyttarien (Colliden) und vielleicht auch andere Oberflächenformen zu experimentellen Beobachtungen zu verwenden und auf diesem Wege einige auf die Tiefenformen übertragbaren Resultate zu gewinnen.

III. Abschnitt.

Formbildung.

Während die anatomisch-physiologische Betrachtung des Radiolarienskelettes zu dem unerwarteten Ergebnis geführt hat, daß die Architektonik der Gitterschalen, der Radialstacheln und insbesondere der Terminalbildungen trotz ihrer Vielgestaltigkeit durch verhältnismäßig einfache Aufgaben mechanischer Natur bestimmt wird, haben die Untersuchungen über die Ontogenese der Skelettstrukturen Ueberraschungen entgegengesetzter Art gebracht.

Auf den ersten Anblick freilich schien es ein nicht zu schwieriges Unternehmen zu sein, die im „Challenger"-Werk als verschiedene Arten aufgezählten Formen als Stadien einzelner ontogenetischer Entwickelungsreihen nachzuweisen, und ebenso schien angesichts der stereometrischen Regelmäßigkeit vieler Formen die Hoffnung berechtigt zu sein, die Analyse des Entwickelungsverlaufes gewissermaßen mit einem Schritt unmittelbar vor die physiologischen und physikalischen Elementarprozesse hinzuführen. Entgegen diesen Erwartungen stellte es sich aber

bald heraus, daß das eigentliche ontogenetische Material, welches die Radiolarienausbeute einer Expedition darbietet, sehr sparsam ist und daß die Entstehung des Skelettes auch bei verhältnismäßig einfach gebauten Formen einen komplizierten Vorgang darstellt, bei welchem sehr mannigfache Mittel der Formbildung wirksam sind und demgemäß Einzelprozesse sehr verschiedener Art ineinander greifen. So wurde ich denn bei meiner Untersuchung vor ganz andere Verhältnisse geführt, als ich erwartet hatte, und nicht bloß die speciellen Ergebnisse, sondern auch die Gesamtanschauungen, zu welchen ich bezüglich der Skelettbildung der Radiolarien und speciell der Tripyleen gelangt bin, weichen wesentlich von dem Bilde ab, welches sich meine Vorgänger gemacht haben.

Haeckel's Promorphologie.

Durchdrungen von der Ueberzeugung einer prinzipiellen morphologischen Gleichwertigkeit der organischen und anorgischen Körper, hat Haeckel den Gedanken zu begründen versucht, daß ebenso wie die Kristalle, so auch alle organischen Formen (mit Ausnahme der absolut unregelmäßigen amorphen Anaxonier) Ableitungen oder Modifikationen bestimmter stereometrischer Grundformen darstellen. Es sei nun Aufgabe der Promorphologie oder Grundformenlehre, durch Abstraktion die ideale stereometrische Grundform der organischen Individuen kennen zu lernen oder, wie man umgekehrt sagen kann, die Gesamtform der letzteren durch ihre stereometrische Grundform zu erkennen und zu erklären (vergl. 1906, S. 151).

Haeckel spricht dann weiterhin die Ansicht aus, daß die ideale stereometrische Grundform sowohl als die reale Form des organischen Individuums, in welcher die erstere verkörpert ist, lediglich durch ihre fest bestimmten Achsen und deren beide Pole erkennbar und einer mathematischen Bestimmung fähig sei. Die ideale stereometrische Grundform sei eine absolut bestimmte, eine vollkommen konstante und daher gesetzmäßige und die Angabe der stereometrischen Grundform jedes morphologischen Individuums genüge vollkommen, um alle charakteristischen Formeigenschaften desselben mit mathematischer Sicherheit, durch ein Wort zu bezeichnen. An dieses lasse sich dann die Beschreibung der äußeren Einzelheiten ohne Mühe anschließen.

Bei seinen Versuchen, die Grundformenlehre zu stützen, hat Haeckel immer wieder auf die kristallähnlichen Schalenformen vieler Radiolarien und insbesondere auch mancher Tripyleen hingewiesen. Zeigen doch, wie Haeckel sagt, die Grundformen bei den Radiolarien eine größere Mannigfaltigkeit als in allen anderen Klassen der organischen Welt. „Alle denkbaren Grundformen, welche im System der Promorphologie sich unterscheiden lassen, kommen in der Klasse der Radiolarien wirklich ausgebildet vor; das Skelett der Radiolarien zeigt sogar gewisse geometrische Grundformen verkörpert, welche sonst überhaupt nicht in anderen organischen Bildungen vorkommen." Es sei hier nur daran erinnert, daß allein in der zu den Tripyleen gehörigen Familie der Circoporiden nebeneinander reguläre Ikosaëder, Dodekaëder und Oktaëder auftreten, also Grundformen, von denen die ersteren aus der übrigen organischen Natur überhaupt nicht bekannt sind, die beiden anderen sich nur vereinzelt im Pflanzenreich nachweisen lassen und hier durch verschiedene Pollenkörner, bezw. durch die Antheridien von *Chara* repräsentiert werden.

Als Ursache dieses beispiellosen Formenreichtums sieht HAECKEL die statischen Verhältnisse des frei im Meere schwebenden Radiolarienkörpers an, und zwar betrachtet HAECKEL, im Einklang mit seinen sonstigen Anschauungen, die statischen Momente als die bewirkenden Ursachen, als die rein mechanischen causae efficientes der geometrischen Grundformen.

Gegen den Grundgedanken der HAECKEL'schen Promorphologie, nämlich gegen die Annahme, daß die Form der organischen Körper von den gleichen Gesichtspunkten aus betrachtet und mathematisch beschrieben werden könne, wie die Form der Kristalle, sind schon von verschiedenen Seiten Einwände erhoben worden, und die Vorschriften, welche HAECKEL (vergl. 1906, S. 157) gegeben hat, um nach Feststellung der Achsen, der Pole und des „Kristallsystems" der organischen Körper zu ihrer mathematisch genauen Beschreibung zu gelangen, hat wohl schwerlich bereits eine wirklich praktische Befolgung gefunden. Insbesondere hat neuerdings SPENGEL (1905) gegen die Anwendbarkeit der Achsenlehre auf die morphologischen Verhältnisse der Vielzelligen verschiedene neue Einwände erhoben und dabei namentlich betont, daß die Annahme einer „Hauptachse" für die Charakterisierung eines bilateralen Tieres wohl kaum eine besondere Bedeutung habe.

Ich werde mich im folgenden darauf beschränken, die Giltigkeit der promorphologischen Betrachtungsweise für die Radiolarien zu besprechen. Denn bei einer ganzen Anzahl von ihnen ist ja nach HAECKEL „das Skelett gewissermaßen weiter nichts als ein System von verkörperten Kristallachsen", und die Radiolarien müßten daher das eigentliche Schulbeispiel der Promorphologie darstellen. Findet man also, daß die Anschauungen der Promorphologie in Bezug auf die Radiolarien modifiziert werden müssen, so werden sich einige Folgerungen ganz von selber auch für andere Organismengruppen ergeben.

Zunächst scheint sich nun allerdings aus der Betrachtung der Achsenverhältnisse einiger Formen die grundsätzliche morphologische Uebereinstimmung der organischen und anorganischen Körper unmittelbar zu ergeben. So können z. B., wie HAECKEL hervorhebt, die Cubosphäride *Hexacontium drymodes* (HAECKEL, 1862, Taf. XXIV, Fig. 9), die Quadrilonchide *Acanthostaurus hastatus* (HAECKEL, 1862, Taf. XIX, Fig. 5) und die Pylonide *Tetrapyle octacantha* (R. HERTWIG, 1879, Taf. VI, Fig. 2) als Beispiele für das reguläre Hexaëder, das Quadratoktaëder und das Rhombenoktaëder bezw. des tesseralen, tetragonalen und rhombischen Kristallsystems betrachtet werden. „Man braucht bloß die Spitzen der betreffenden Achsen durch Linien zu verbinden und durch je zwei benachbarte Linien eine Fläche zu legen, um in der Tat die entsprechenden Oktaëderformen zu erhalten." In ähnlicher Weise lassen einige Tripyleen regelmäßige Achsenverhältnisse erkennen. So haben z. B. in *Tuscarilla nationalis, Cannosphaera geometrica, Circoporetta octahedra* (*Circoporus octahedrus* HAECKEL), *Circogonia dodecahedra* (*Circorrhegma dodecahedra* HAECKEL) und *Circogonia icosaedra* die Formen des Tetraëders, Würfels, Oktaëders, Dodekaëders und Ikosaëders, also die sämtlichen „platonischen Polyëder", eine Verwirklichung gefunden (Textfig. 156—160).

Auch komplizierter gebaute Kristallformen, so die „skelettförmig ausgebildeten" Aneinanderreihungen von kleinen Kristallindividuen und insbesondere die sternförmigen Wachstumsformen, finden wir bei den Radiolarien nachgeahmt. Es sei nur auf die Aehnlichkeit hingewiesen, welche manche Acantharien (Textfig. 161) mit den Schneekristallen (Textfig. 162) zeigen, wobei aller-

dings der Unterschied besteht, daß bei ersteren die Strahlen im Raum, bei letzteren in einer Ebene angeordnet sind.

So scheinen in der That nicht nur die hier aufgezählten Radiolarientypen, sondern auch zahlreiche andere mit aller wünschenswerten Deutlichkeit zu beweisen, daß die wirkliche Skelett- und Körperform der Radiolarien durch eine ihrem Plasma immanente (etwa der Kristallform der Plasmateilchen entsprechende) stereometrische Grundform bedingt ist und daß eine prinzipielle morphologische Uebereinstimmung des Radiolarienkörpers mit einem Kristall in der von HAECKEL angenommenen Weise besteht.

Fig. 156. *Tuscarilla nationalis* (BORGERT).

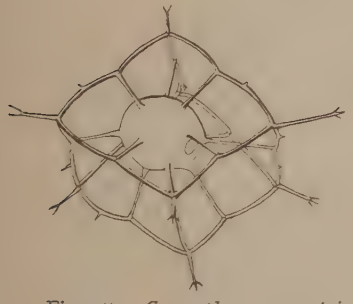


Fig. 157. *Cannosphaera geometrica* BORGERT, nach BORGERT, 1901a, Fig. 25.

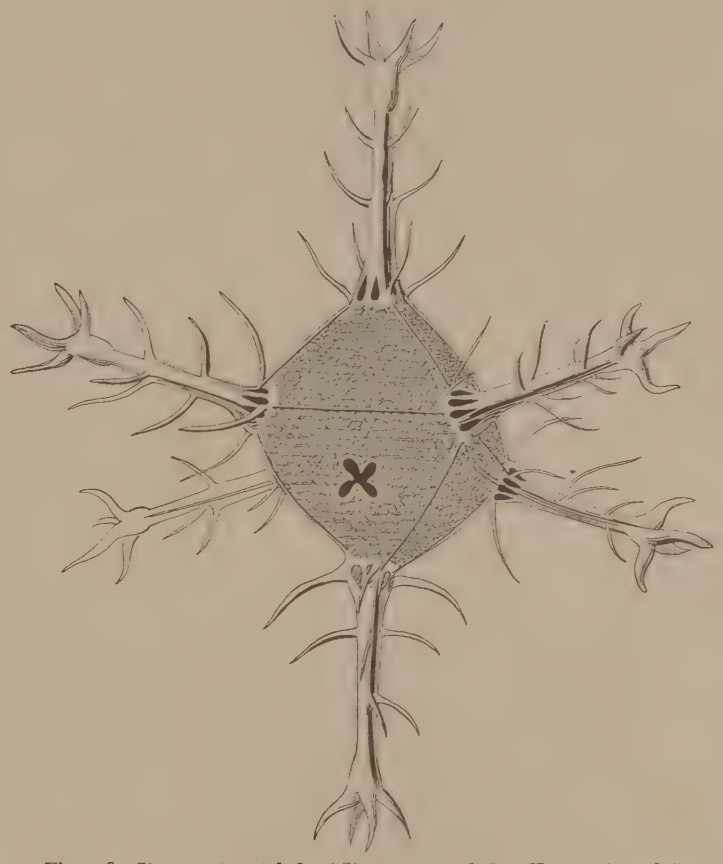


Fig. 158. *Circoporetta octahedra* (*Circoporus octahedrus* HAECKEL), nach Rep., tab. 117, fig. 6.

Ob diese Auffassung in Wirklichkeit eine zutreffende ist, darüber könnte natürlich nur bei genauer Kenntnis des ganzen Formbildungsprozesses entschieden werden. Denn so wenig etwaige Uebereinstimmungen der Mechanik, wie sie z. B. bei den Bewegungserscheinungen der künstlichen und natürlichen Amöben hervortreten, eine Uebereinstimmung der Materie voraussetzen (RHUMBLER, 1904, 1906), so wenig braucht ja eine Uebereinstimmung der Form auf einem übereinstimmenden Formbildungsmechanismus zu beruhen. Die äußere Aehnlichkeit, welche z. B. einige von BÜTSCHLI (1904) in austrocknenden kolloidalen Substanzen beobachtete „Sprungsysteme“ (Textfig. 163, 164) mit den Horizontalprojektionen eines *Cytocladus*- oder *Cladococcus*-Skelettes

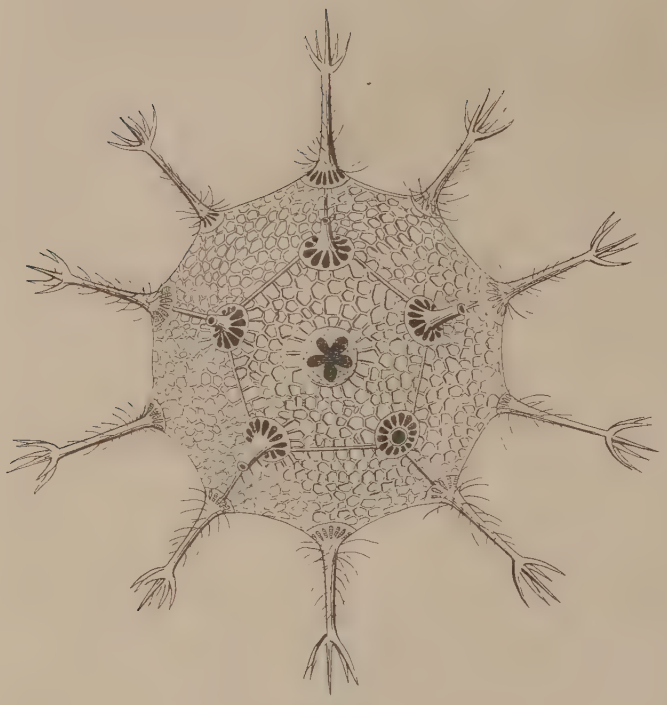


Fig. 159.

Fig. 161.

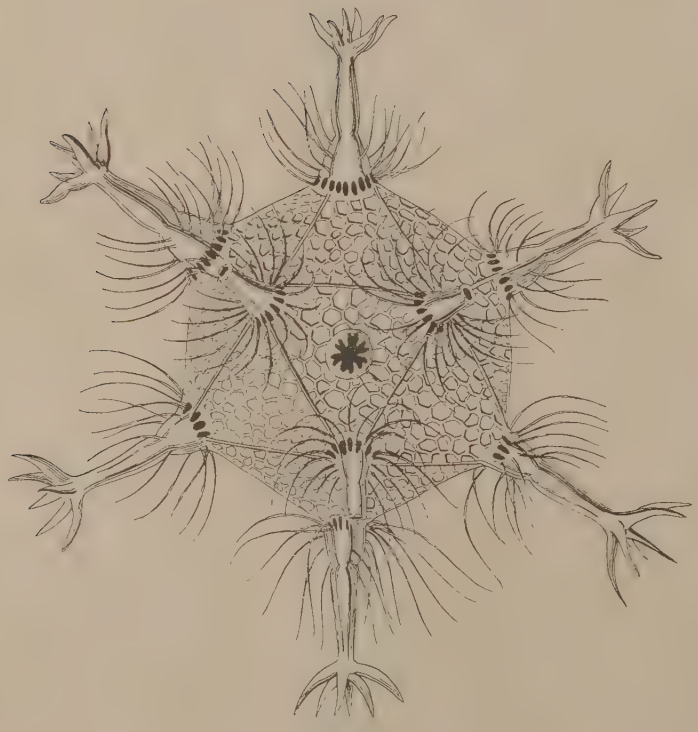


Fig. 160.

Fig. 162.

Fig. 159. *Circogonia dodecahedra* (*Circorrhegma dodecahedra* HAECKEL), nach Rep., tab. 117, fig. 2.

Fig. 160. *Circogonia icosaedra* HAECKEL, nach Rep., tab. 117, fig. 1.

Fig. 161. *Pristacantha polyodon* HAECKEL (Acantharie), nach Rep., tab. 130, fig. 7.

Fig. 162. Schneekristall nach R. NEUHAUS, aus A. SAUER, Mineralkunde.

zeigen, läßt in deutlicher Weise erkennen, in welchem Maße Formähnlichkeiten auf zweifellos ganz verschiedenem Wege zu stande kommen, und so wird auch bei den kristallähnlichen Körperformen der Circoporiden und anderer Radiolarien zunächst die Frage zu entscheiden sein, auf welchem Wege sie entstanden sind, ehe eine eigentliche Homologie dieser Körper und der Kristalle angenommen werden darf.

Aber auch ohne genauere Kenntnis der ontogenetischen Prozesse, welche zur Bildung der Körperformen der Radiolarien führen, sieht man sich einigen Verhältnissen gegenübergestellt, welche es fraglich erscheinen lassen, ob die von Haeckel vertretenen promorphologischen Anschauungen in jedem Punkte für die Radiolarien Giltigkeit haben. Auf diese Bedenken sei hier zunächst in kurzem eingegangen.

Fig. 163.

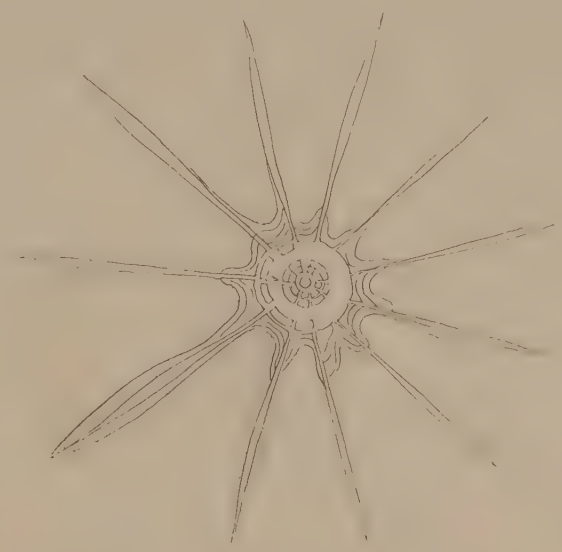


Fig. 164.

Fig. 163 und 164. „Sprungsysteme" in austrocknenden kolloidalen Substanzen, nach Bütschli, 1904, Fig. 6 und 9.

Haeckel spricht davon, daß die ideale stereometrische Grundform der organischen Körper eine absolut bestimmte, eine vollkommen konstante und daher gesetzmäßige sei. Diese Aufstellung kann offenbar nur den Sinn haben, daß die Grundform als eine in der stofflichen Natur der Körper begründete Eigenschaft wenigstens innerhalb einer bestimmten Verwandtschaftsgruppe, mindestens innerhalb einer Species eine ganz konstante sei. Allerdings bezeichnet Haeckel die Promorphologie als die Wissenschaft von der äußeren Form der Individuen, aber aus seiner ganzen Darstellung geht hervor, daß er dabei unter Individuen nicht die einzelnen „Personen", sondern die „Formindividuen erster bis sechster Ordnung" (Zellen, Organe u. s. w.) versteht, und ich glaube also nicht, daß die von Haeckel angenommene „Konstanz" der Grundform anders gedeutet werden kann, als im Sinne einer mindestens artlichen Konstanz.

Hier zeigen aber gerade die Tripyleen eine Reihe von bemerkenswerten Abweichungen. Insbesondere ist auf die „Stachelmutanten" der Tuscaroriden hinzuweisen, welche weiter unten von anderen Gesichtspunkten aus eine eingehende Besprechung finden sollen. Hier sei

nur bemerkt, daß z. B. von *Tuscaretta tubulosa* nebeneinander Individuen mit 2, 3, 4 und 5 Aboralstacheln vorkommen, d. h., promorphologisch ausgedrückt, bilateral-symmetrische Formen und strahlige mit 3, 4 und 5 Antimeren. Nun weist aber schon das Nebeneinandervorkommen aller dieser Typen und außerdem die Thatsache, daß die extremen Zahlen (2 und 5) nur ganz ausnahmsweise erscheinen (vergl. Syst. Teil, S. 192), darauf hin, daß es sich bei diesen Verschiedenheiten nicht etwa um selbständige Formen, sondern nur um Individualvarianten handelt. Es liegt aber auch ein strenger Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung vor. Von der koloniebildenden Form *Tuscaretta globosa Chuni* fand sich im „Valdivia"-Material eine unvollständige Gitterschale, mit welcher, statt der normalen 8 Individuen, nur noch 5 verbunden waren. Von diesen 5 Individuen waren aber 4 fünf- und eines sechsstrahlig, so daß, angesichts der gleichen Abkunft der in einer Kolonie zusammengehaltenen Individuen, wenigstens für *Tuscaretta globosa* der Charakter der Stachelmutanten als individueller Variationen nicht bezweifelt werden kann. Eine Uebertragung dieses Ergebnisses auf die nahe verwandte *Tuscaretta tubulosa* und deren Varianten ist aber dann wohl ohne weiteres erlaubt, und wir hätten also in dieser Tuscaroride ein Beispiel für eine bedeutende Inkonstanz der Grundform zu sehen.

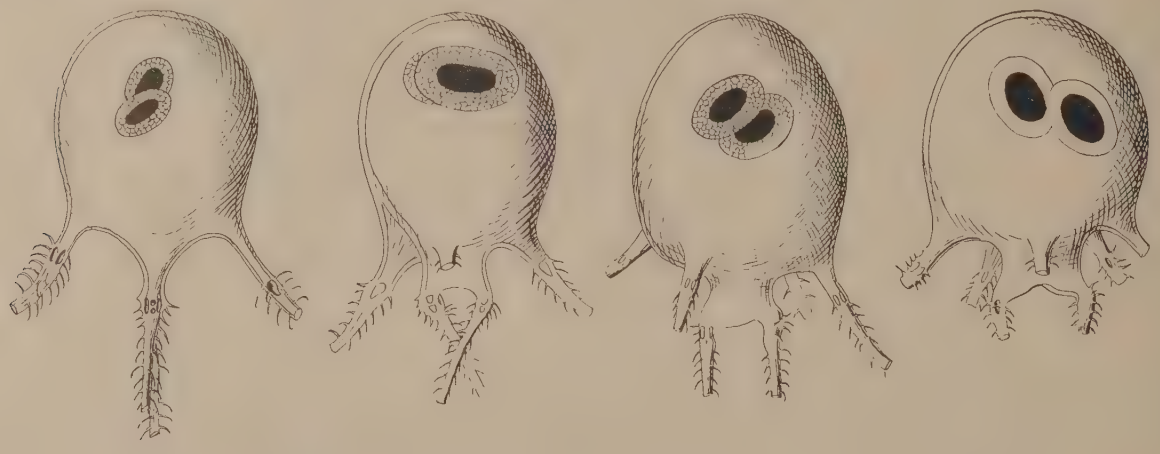


Fig. 165. „Stachelmutanten" von *Tuscaretta tubulosa*. Varianten mit 2, 3, 4 und 5 Aboralstacheln.

In ähnlicher Weise kommen sogar bei dem klassischen Objekte der stereometrischen Betrachtungsweise, bei den Circoporiden, Variationen bezüglich der Zahl der „Achsen" vor. So hat insbesondere BORGERT bei *Circoporus oxyacanthus* Individualvarianten mit 7 (statt 6) Radialstacheln beobachtet (vergl. auch Syst. Teil, S. 173 und 178).

Es geht also daraus hervor, daß innerhalb der Art die Zahl der Achsen und damit die stereometrische Grundform keine vollständig konstante zu sein braucht, vielmehr beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein kann. Ein prinzipieller Gegensatz des Radiolarienskelettes zu den Kristallen würde damit freilich noch nicht aufgestellt sein, denn ähnliche Unregelmäßigkeiten sind auch bei den Kristallen und zwar in den sogenannten Kombinationen nichts Ungewöhnliches. Am Bleiglanz z. B. findet man nicht selten Würfel, Rhomben, Dodekaëder, Oktaëder und einige andere Kristallformen miteinander vereinigt[1]). Indessen scheint mir gerade in der

1) Vergl. A. SAUER, Mineralkunde, Stuttgart (ohne Datum), S. 23.

Haeckel'schen Auffassungsweise die Eigenschaft der Konstanz sehr wesentlich zu sein, und deshalb durften die beschriebenen Abweichungen nicht unerwähnt bleiben.

Ein weiteres Bedenken gegen die Auffassung, daß speciell die polyëdrischen Skelette nichts anderes als die Verwirklichungen immanenter stereometrischer Grundformen sind, ergiebt sich aus der Betrachtung, daß die regelmäßige Zahl und Anordnung der Strahlen z. B. bei den oktaëdrischen, ikosaëdrischen und dodekaëdrischen Circoporiden augenscheinlich eine „zweckmäßige" ist. Es handelt sich, wie früher gezeigt wurde, offenbar darum, mit einer möglichst geringen Zahl von Strebepfeilern auszukommen und diese möglichst gleichmäßig auf der Schalenoberfläche zu disponieren. Damit ist aber von vornherein nicht bloß eine begrenzte Zahl von Möglichkeiten, sondern auch die Uebereinstimmung der Achsenverhältnisse mit denjenigen der sogenannten platonischen Polyeder gegeben (vergl. S. 505).

Man wird nun vielleicht sagen können, daß trotz der Zweckmäßigkeit, welche in der Zahl und Anordnung der Circoporidenstacheln zu Tage tritt, die letzteren dennoch sehr gut nichts anderes als „verkörperte Kristallachsen" sein können; es seien eben von zahlreichen der Radiolariensarkode innewohnenden Potenzen (Kristallisationsmöglichkeiten) nur diejenigen dauernd verwirklicht worden, welche zur Bildung zweckmäßiger Strukturen geführt haben.

Es mag vorläufig dahingestellt bleiben, ob dieser Ausweg der richtige ist. Jedenfalls zeigt sowohl die mangelnde Konstanz der Grundform, wie die Zweckmäßigkeit der regelmäßigen Skelettstrukturen, daß sich die promorphologische Betrachtungsweise in der von Haeckel angenommenen Fassung nicht ohne Anstände auf die Radiolarien übertragen läßt. Materialien zur weiteren Beurteilung dieser Anschauung werden sich im folgenden aus der Betrachtung der Skelettbildungsprozesse ergeben, doch kann wohl die ganze Frage nicht ohne Zuhilfenahme neuer Methoden entschieden werden.

Haeckel's Sekretionshypothese und Dreyer's mechanische Gerüstbildungshypothese.

In naher Berührung mit den promorphologischen Anschauungen Haeckel's steht die Theorie, welche er sich bezüglich der Bildung der Schwammnadeln gebildet hat. In seiner Monographie der Kalkschwämme (1872) stellt er die Ansicht auf, daß die Spicula der Kalkschwämme einheitliche Kristalle seien, welche aber bei ihrer Entstehung allerdings durch die Thätigkeit des lebenden Organismus in mehrfacher Hinsicht modifiziert werden. Der Prozeß der Kalknadelbildung stellt also gewissermaßen einen Kompromiß dar zwischen der kristallisierenden Thätigkeit des kohlensauren Kalkes und derjenigen der organisierenden Kräfte der Sarkode, er wird daher von Haeckel als Biokristallisation bezeichnet. Diese Anschauungen, welche anfangs durch die Untersuchungen Ebner's (1887) eine Stütze zu erhalten schienen, mußten inzwischen namentlich auf Grund der Beobachtungen von Minchin (1898) und Maas (1898—1900) über die Entstehung der Kalkschwammspicula in einer wesentlichen Hinsicht modifiziert werden: danach haben die Nadeln bei ihrer ersten Entstehung noch keine kristallinische Struktur, vielmehr sind bei ihrer Bildung zwei zeitlich aufeinander folgende Prozesse zu unterscheiden, eine

Phase der rein organischen, cellulären Thätigkeit, welche die Anlage oder den organischen Kern der Nadel liefert, und eine Phase des raschen kristallinischen Wachstums, in welcher die viel mächtigere, in optischer Hinsicht durchaus kristallartig sich verhaltende Hülle ihre Entstehung nimmt.

Während die Anschauungen, zu welchen HAECKEL bezüglich der Entstehung der Schwammnadeln gekommen war, in letzter Linie ganz auf dem nämlichen Boden wurzeln, wie seine Grundformenlehre, nämlich in der Grundvorstellung von einer vollständigen Uebereinstimmung organischer und anorganischer Formbildung, ist er bei der Betrachtung des Radiolarienskelettes zu wesentlich abweichenden ontogenetischen Ansichten gelangt. Eigentliche entwickelungsgeschichtliche Stadien hat HAECKEL allerdings nicht zu Gesicht bekommen, auch haben seine Anschauungen über die Skelettbildung der Radiolarien an keiner Stelle des Reports eine vollkommen klare und eingehende Fassung erhalten, indessen erhält man bei einer Zusammenstellung der verschiedenen einschlägigen Bemerkungen den Eindruck, daß sich HAECKEL den Vorgang der Skelettbildung der Radiolarien nicht als einen verhältnismäßig einfachen, der anorganischen Formbildung vergleichbaren, sondern als einen komplizierten physiologischen Prozeß denkt. HAECKEL (1887, 1887a, § 210) hält es für wahrscheinlich, daß die Skelettteile der Radiolarien nicht direkt durch eine chemische Umwandlung der Pseudopodien und Plasmanetze, sondern daß sie durch Sekretion entstehen. Indem die gelöste Skelettsubstanz (Kiesel, Acanthin) aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht, werden ihre Moleküle nicht in das Plasma eingelagert, sondern von ihm abgelagert. Uebrigens sei ja bekanntlich der Unterschied zwischen diesen beiden Prozessen oft kaum (oder nicht) festzustellen. An einer anderen Stelle (§ 149) spricht HAECKEL auch von einem Wachstum der Skelettteile. Bezüglich der Phäodarien (Tripyleen) wird speciell noch hervorgehoben, daß das Wachstum ihres Skelettes mit besonderen Komplikationen verknüpft sein müsse, da es sich ja bei der Mehrzahl um hohle, cylindrische, mit Gallerte gefüllte und oft mit einem axialen Kieselfaden versehene Silikatröhren handle.

Während also HAECKEL die Skelettbildung der Radiolarien für einen wesentlich komplizierteren Prozeß hält, als beispielsweise die Entstehung der Schwammnadeln, und von vornherein davon absieht, irgend welche einfachen Faktoren chemischer und physikalischer Art für die Erzeugung des wunderbaren Formenreichtums der Kieselskelette verantwortlich zu machen, hat es sein Schüler DREYER (1892) in einer gedankenreichen, vielbeachteten Arbeit unternommen, eine mechanische Theorie der Gerüstbildung der Wirbellosen und Protozoen und insbesondere der Radiolarien zu geben.

DREYER ist durch die Tatsache, daß das Vierstrahlergerüst bei den Rhizopoden, Spongien und Echinodermen selbständig und noch dazu unabhängig vom Baumaterial entstanden ist, zu der Anschauung geführt worden, daß der Vierstrahlertypus nicht durch die specifische Lebensthätigkeit der Organismen, sondern durch allgemeingültige, rein mechanische Gesetze bedingt sein müsse. DREYER nimmt dabei Bezug auf die Ansicht F. E. SCHULZE's (1887), daß die Skelettteile der Kalkschwämme durch die Konfiguration des Weichkörpers, und zwar die Dreistrahler durch die Form der Poreninterstitien, die Vierstrahler durch die tetraëdrischen, zwischen den kugeligen Geißelkammern gelegenen Zwickel bedingt seien. Während es sich aber hier nach F. E. SCHULZE um ein finales Verhältnis handelt, insofern „diejenige Form und Lagerung der Festteile sich hat ausbilden müssen, welche unter den bestehenden Verhältnissen am besten geeignet war, die nötige Festigkeit der Körperwand herbeizuführen", gelangt DREYER

zu der Ansicht, daß die Vierstrahler durch die Blasenstruktur des Weichkörpers ätiologisch bedingt seien. Da nämlich die lebende Substanz, insbesondere auch der von Alveolen durchsetzte Weichkörper der Radiolarien, in seinem Aufbau von den Gesetzen der Blasenmechanik beherrscht sei und da diese die Bildung von vierstrahligen Kanten- und Wandsystemen bedingt, so muß auch die Abscheidung der Skelettsubstanz, welche bei den Radiolarien ausschließlich in der Sarkode (zwischen den eingelagerten Gallertvakuolen) vor sich geht, dem Vierstrahlertypus folgen.

An verschiedenen Komplexen von Seifenblasen[1]), welche teils der Oberfläche der Seifenlösung aufliegen, teils als freischwebend gedacht sind (Textfig. 166—168), demonstriert DREYER insbesondere, wie, je nach der relativen Größe der einen Eckpunkt umlagernden Blasen, die Strahlen der Vierstrahler eine verschiedene Größe und Krümmung erhalten, bezw. ver-

Fig. 166.

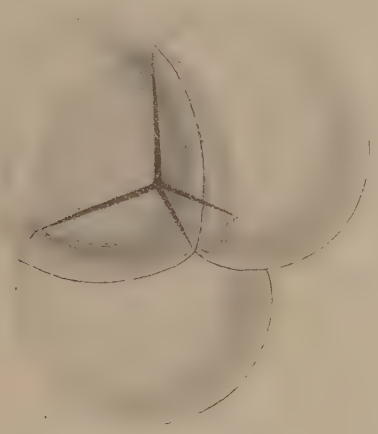


Fig. 167.

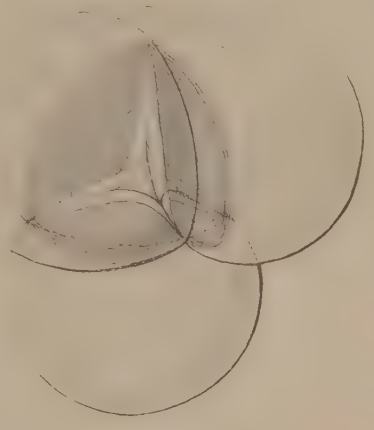


Fig. 168.

Fig. 166—168. Komplexe von Seifenblasen mit in den Kanten der Blasengerüste eingezeichneten Spikulis, nach DREYER, 1892, Fig. 152, 150 und 158.

schiedene Winkel miteinander einschließen können, so daß zahlreiche Typen von Vierstrahlern, insbesondere auch die bei den Tripyleen weitverbreiteten dreizinkigen Gabeln (Textfig. 166) entstehen können. Ferner wird gezeigt, wie bei einer dickflüssigeren und zäheren Beschaffenheit der Grundflüssigkeit und bei geringerer Größe der Blasen die Vierstrahler nicht, wie bei dünnen Blasenwänden, linien- oder stabförmige Arme bekommen (Textfig. 167), sondern die Gestalt von derberen Tetraëdern mit konkav eingebogenen Flächen und mit mehr oder weniger lang ausgezogenen Ecken annehmen (Textfig. 168). Endlich wird auch nachzuweisen versucht, wie in einem konzentrisch geschichteten Sarkodekörper Gitterschalen verschiedener Art dadurch entstehen können, daß sich in der skeletogenen Schicht, welche zur Bildung der Gitterschale bestimmt ist, Kieselsäure ansammelt und daß dann mit einem Male, im Lorikationsmoment (HAECKEL)[2]), das in die skeletogene Schicht fallende, mit Kieselsäure gesättigte Netz der protoplasmatischen Zwischenwände der Vakuolen plötzlich versteinert, „etwa wie an einem Fenster Eisblumen an-

1) Den Ausgangspunkt für DREYER's Anschauungen haben die Blasengerüste in einer entleerten Bierflasche gebildet.
2) lorica, Panzer.

schießen". Da nun das protoplasmatische Zwischenwandsystem der Vakuolenlage im Tangentialschnitt ein Netz mit polygonalen Maschen bildet, so überträgt sich diese Form bei der Verkieselung auf die resultierende Schale (Textfig. 169): sind die Zwischenwände sehr dünn und die Vakuolen flach aneinandergedrückt, so entsteht ein Gitter mit polygonalen Maschen und dünnen Balken (d); greift die Verkieselung auch auf die radialen Zwischenwände über, so entstehen polygonale Porenrahmen, wie sie so häufig bei Astrosphäriden, Castanelliden u. a. vorkommen (f), oder auch aufstrebende Radialstacheln (e, g); werden auch die tangentialen Kanten zwischen den vorstehenden Kuppen der palissadenförmig zusammengedrängten Vakuolen ausgegossen, so können zartbalkige „sekundäre Rindenschalen" entstehen, wie sie so häufig bei tiefenlebenden Sphärellarien und Cyrtellarien auftreten (a; vergl. Syst. Teil, S. 439, Textfig. 75, 77; Taf. 85, Fig. 493 u. a.). Die Entstehung mehrfacher, konzentrischer Gitterschalen führt schließlich DREYER darauf zurück, daß bei weiterem Wachstum des Weichkörpers die skeletogene Schicht über die zuerst gebildete Gitterschale hinausrückt und daß nach einiger Zeit eine abermalige Sättigung der letzteren mit Kieselsäure erfolgt, worauf wieder eine Lorikation eintreten kann.

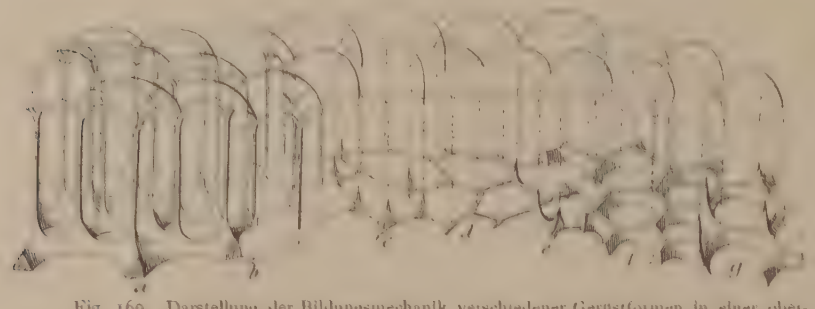


Fig. 169. Darstellung der Bildungsmechanik verschiedener Gerüstformen in einer oberflächlichen Blasen-, bezw. Vakuolenschicht, nach DREYER, 1892, Fig. 159. a Bildung einer „sekundären", äußeren Rindenschale (vergl. *Hexacromyum*, Syst. T., S. 439, Fig. 75, 77). b Ankerbildung. c Tetraëderbildung. d polygonales Maschenwerk ohne und e mit Radialstacheln. f ausgerundete polygonale Maschen ohne und g mit Radialstacheln.

Die DREYER'sche Theorie ist auf den ersten Anblick ungemein bestechend und ist in der That auch von vielen Seiten mit großer Sympathie aufgenommen worden. Namentlich in historischen, die Anfangsgeschichte der Entwickelungsphysiologie betreffenden Auseinandersetzungen spielt die „mechanische Gerüstbildungstheorie" DREYER's, obwohl es sich nur um eine fast durchaus hypothetische Erörterung handelt, eine große Rolle. Indessen wird man bei genauerer Betrachtung auf eine Reihe von Punkten aufmerksam, durch welche von vornherein der Erklärungswert der DREYER'schen Hypothese wesentlich eingeschränkt wird. Ich möchte hier zunächst dasjenige wiederholen, was ich bereits früher (1905) gegen ihre Gültigkeit vorgebracht habe.

„Einmal ist zu sagen, daß, wenn man speciell die Tripyleen ins Auge faßt, der Vierstrahler der Häufigkeit seines Auftretens nach entfernt nicht so dominiert, wie man es der Hypothese zuliebe erwarten sollte, und daß sich auch da, wo die Vierstrahler als Hauptskelettelemente auftreten, stets daneben Varianten vorfinden, auf deren Entstehung die Hypothese kein Licht werfen kann. In Textfig. 170 sind die Stacheln derjenigen Tripyleen zusammengestellt, welche als eigentliche Repräsentanten des Vierstrahlertypus gelten könnten, bei denen sich jedoch durchweg Unregelmäßigkeiten nach dieser oder jener Richtung hin vorfinden.

So kommen bei *Aulographis pandora* HAECKEL (Textfig. 170a) und *Aulosphaera triodon* HAECKEL (Textfig. 170b) wohl niemals Individuen mit ausschließlich dreizinkigen, d. h. vierstrahligen Stacheln vor, vielmehr finden sich stets auch solche mit 2, 4 oder mehr Terminalästen.

Die nächste Form, *Aulospathis variabilis triodon* HAECKEL (Textfig. 170 c), ist deshalb bemerkenswert, weil die Abweichungen vom Vierstrahlertypus im wesentlichen an geographische Unterarten geknüpft sind. Unregelmäßigkeiten wieder anderer Art finden sich bei solchen vierstrahligen Stacheln, deren Aeste sich sekundär verzweigen oder mit Seitenanhängen versehen sind: so können die drei primären Aeste bei den Radialstacheln von *Aulographis tristyla* n. sp.[1]) (Textfig. 170 f) und bei den Apicalstacheln von *Sagoscena floribunda* n. sp. (Textfig. 170 d) bald drei, bald nur zwei sekundäre Aestchen aufweisen, und ebenso besitzt *Circoporus sexfuscinus* HAECKEL (Textfig. 170 e), dessen Radialstacheln meist drei Terminaläste tragen, also dem Vierstrahlertypus folgen, an der Basis eine wechselnde Zahl, nämlich 3, 4 oder 5 Seitendornen.

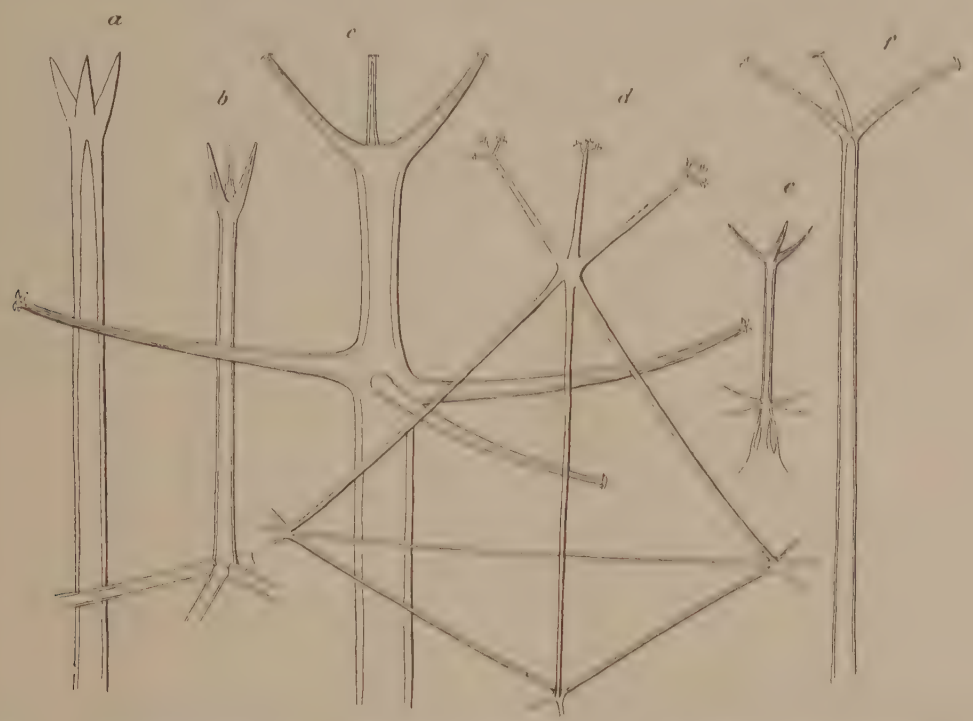


Fig. 170. Vierstrahlige Stacheltypen. a *Aulographis pandora* HAECKEL. b *Aulosphaera triodon* HAECKEL. c *Aulospathis variabilis triodon* (HAECKEL). d *Sagoscena floribunda* n. sp. e *Circoporus sexfuscinus* HAECKEL. f *Aulographis tetrastyla* n. sp. var. *tristyla*.

Angesichts der Unmöglichkeit, die neben dem Vierstrahler auftretenden Varianten mit Hilfe der DREYER'schen Hypothese kausalmechanisch zu erklären, wird man zu dem Gedanken geführt, daß das, wenn auch nicht dominierende, so doch verhältnismäßig häufige Auftreten von dreizinkigen, d. h. vierstrahligen Radialstacheln in erster Linie auch wieder eine finale Bedeutung habe. Handelt es sich doch, wie wir gesehen haben, darum, die extrakalymmale Sarkodehaut ausgespannt zu halten, und hier wird nach geometrischen Gesetzen die dreizinkige Gabel diejenige Einrichtung sein, welche, bei möglichster Materialersparnis, in der vollkommensten Weise jener Aufgabe gerecht wird.

1) Diese Form wurde im Syst. Teil (S. 43) der Art *Au. tetrastyla* eingeordnet.

Ebensowenig wie die genannten Fälle lassen sich nun auch gewisse Abnormitäten mit der DREYER'schen Hypothese vereinigen, so z. B. die in Textfig. 171 abgebildete Monstrosität von *Aulosceros arborescens trigeminus* HAECKEL. Während nämlich bei dieser Unterart die Radialstacheln normalerweise drei verzweigte Terminaläste haben, sind bei dem vorliegenden Exemplar[1]) bei sämtlichen Stacheln nur zwei Aeste zur Ausbildung gelangt. Diese liegen aber nicht, wie dies sonst bei zweiastigen Stacheln der Fall zu sein pflegt, in einer Ebene mit dem Stachelschaft, so daß sie mit diesem zusammen eine Art Gabel bilden, vielmehr sind sie bei sämtlichen Stacheln windschief abgebogen, gleichsam als ob der dritte Terminalast auch noch vorhanden wäre. Dieser Abnormität gegenüber versagt, wie ich glaube, die DREYER'sche Hypothese völlig, sie kann vielmehr nur zurückgeführt werden auf eine im ganzen Weichkörper gleichmäßig zur Herrschaft gelangte, an allen Punkten desselben wirksame konstitutionelle Abweichung der formbildenden Sarkode[2]).

Ebenso große Schwierigkeiten stellen sich der DREYER'schen Hypothese in den Weg, wenn man die regelmäßig sechsstrahligen Felder der Aulosphäriden- und Sagosphäridenschalen ins Auge faßt, kurz, es kann gesagt werden, daß wenigstens bei den Tripyleen die Fälle, in welchen die Hypothese als ausreichend betrachtet werden könnte, eine Minderzahl bilden."

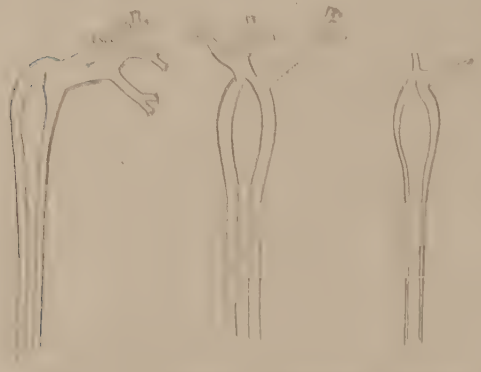


Fig. 171. *Aulosceros arborescens trigeminus* (HAECKEL). 3 Stacheln eines Exemplares aus T.-St. 218 (vergl. auch Taf. XLII, Fig. 301).

Auch bei anderen Gruppen, z. B. bei den Nassellarien, versagt, so weit ich sehe, die Hypothese in vielen Fällen. Insbesondere findet auch die Entstehung des vierstrahligen Tripodiums, welches neuerdings von JÖRGENSEN (1905, S. 123) als Grundform des Nassellarienskelettes angenommen wurde, keine ausreichende Erklärung.

Wenn so die Hypothese offenbar nicht imstande ist, das ganze fragliche Gebiet zu decken, so kommt für ihre Beurteilung hinzu, daß auch in anderer Richtung ihre Tragweite vielleicht geringer ist, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Denn es ist klar, daß sie „auch dann, wenn ihr Grundgedanke richtig wäre, uns sofort nach den ersten Schritten vor die große physiologische Unbekannte führt, nämlich vor die specifische Konstitution des formgestaltenden Protoplasmas. An einem Beispiel mag dies deutlicher hervortreten. Nach DREYER kommen die Gitterschalen der Radiolarien dadurch zustande, daß in einer bestimmten Schicht des Weichkörpers Kieselsäure zur Abscheidung gelangt, wobei die in dieser Schicht befindlichen Vakuolen gewissermaßen die Form für die Porenöffnungen und das protoplasmatische Zwischenwandsystem, soweit dasselbe in der skeletogenen Schicht gelegen ist, das Modell für das Gitterwerk abgiebt. Nun ist bekannt, daß die hauptsächlich in Betracht kommenden Schalen der Circoporiden, Challengeriden, Castanelliden und Conchariden hinsichtlich der Zahl, Anordnung, Größe und feineren

1) Ebenso wie bei einigen anderen Exemplaren.

2) Auch bei anderen Gruppen von Organismen würden sich der Annahme der DREYER'schen Hypothese Schwierigkeiten ähnlicher Art in den Weg stellen. Insbesondere ist zu erwähnen, daß nach MAAS die Vierstrahler der Kalkschwämme als Dreistrahler zur Anlage kommen und erst nachträglich den vierten Strahl erhalten.

Struktur der Porenöffnungen und bezüglich der Skulptur des Balkenwerkes eine außerordentliche Menge specifischer Eigentümlichkeiten zeigen. Es müssen daher, auch wenn es sich wirklich bei der Entstehung der Gitterschalen nur um einen Abguß der in der skeletogenen Schicht befindlichen Vakuolen handelt, durch die specifische Konstitution des Protoplasmas eine ganze Menge von Einzelverhältnissen bestimmt sein, vor allem der Abstand der skelettbildenden Schicht vom Weichkörpercentrum und ihre Dicke, dann Anordnung, Größe und gegenseitiger Abstand der Poren, ferner in vielen Fällen, z. B. bei den Circoporiden, die regelmäßige Verteilung der Porengruppen, und endlich bei den Challengeriden und Conchariden die vielfach sehr komplizierte Gestalt dieser Schalenöffnungen. Dreyer ist sich offenbar dieser Sachlage wohl bewußt gewesen, es scheint mir aber doch nicht unzweckmäßig zu sein, hier auf die natürlichen Grenzen nochmals hinzuweisen, welche in diesem Falle der rein mechanischen Erklärung gesteckt sind" (1905).

Ausschlaggebend für die Stellung, welche wir gegenüber der Dreyer'schen Hypothese einzunehmen haben, ist aber auf alle Fälle das entwicklungsgeschichtliche Thatsachenmaterial, und hier ist zu sagen, daß die Daten ontogenetischer Natur, welche das „Valdivia"-Material geliefert hat, mindestens gegen ihre allgemeine Gültigkeit sprechen. Ehe auf diese Beobachtungen eingegangen werden soll, muß noch eine weitere Skelettbildungshypothese Erwähnung finden, welche von einer den früheren Autoren noch unbekannten Thatsache ausgeht und, wenn auch ursprünglich nur für ein ganz bestimmtes Objekt aufgestellt, doch auf ein größeres Gebiet von Erscheinungen neues Licht zu werfen scheint.

Immermann's Pseudopodienhypothese.

Immermann hat zunächst den in ätiologischer Hinsicht interessanten Nachweis geführt, daß bei einer Reihe von Aulacanthiden, die er mit Recht in einer besonderen Gattung (*Aulokleptes*) zusammenfaßt, nicht bloß die tangentialen Skelettelemente Fremdkörper, nämlich Gehäuse von verschiedenen Diatomeen sind, sondern auch die Grundlagen der Radialstacheln durch solche gebildet werden (vergl. besonders Taf. XLIII, Fig. 319, 320). Ausgehend von dieser Beobachtung und im Hinblick darauf, daß die Radialstacheln von *Aulokleptes* außerdem durch den Besitz von unregelmäßig verzweigten Terminalästen und durch eine deutlich geschichtete Wandung ausgezeichnet sind, hat dann Immermann zunächst bezüglich der Stachelbildung von *Aulokleptes* eine neue Hypothese aufgestellt, welche von der Dreyer'schen erheblich abweicht. Danach solle nach erfolgter Einstellung eines Diatomeengehäuses in die Richtung eines Pseudopodiums die Bildung des Radialstachels in der Weise erfolgen, daß das vor- und zurückfließende Pseudopodium jedesmal, wenn es eingezogen wird, sich mit seinem Oberflächenhäutchen an die Fremdkörperunterlage anschmiegt und, indem die letztere die Rolle eine Katalysators spielt, jeweils eine neue Kieselamelle entstehen läßt (Textfig. 172 a, b, c). Die Entstehung der terminalen Verzweigungen erklärt Immermann dadurch, daß beim Einziehen der Pseudopodien unregelmäßige Faltungen des Oberflächenhäutchens entstehen, welche, indem sie erhärten, die Grundlagen für die Astbildungen abgeben (Textfig. 172 d).

Immermann ist der Ansicht, daß dieser, unter Benutzung einer Fremdkörperunterlage vor sich gehende Bildungsmodus ein primitives Verhalten darstellt und daß bei den übrigen

Aulacanthiden, welche von *Aulokleptes*-ähnlichen Formen abgeleitet werden müssen, dieser Prozeß der Nadelbildung „durch Vererbung“ so fixiert worden sei, daß nunmehr die Stacheln auch ohne Fremdkörpergrundlage ihre Entstehung nehmen können.

Erwähnenswert ist noch, daß IMMERMANN als Ausgangspunkt für die Stachelbildung bei den übrigen Aulacanthiden Vakuolen annimmt, welche in centrifugaler Richtung durch die sich ausstreckenden Pseudopodien, in centripetaler dagegen durch die Kohäsion des gesamten Weichkörpers spindelförmig ausgezogen werden.

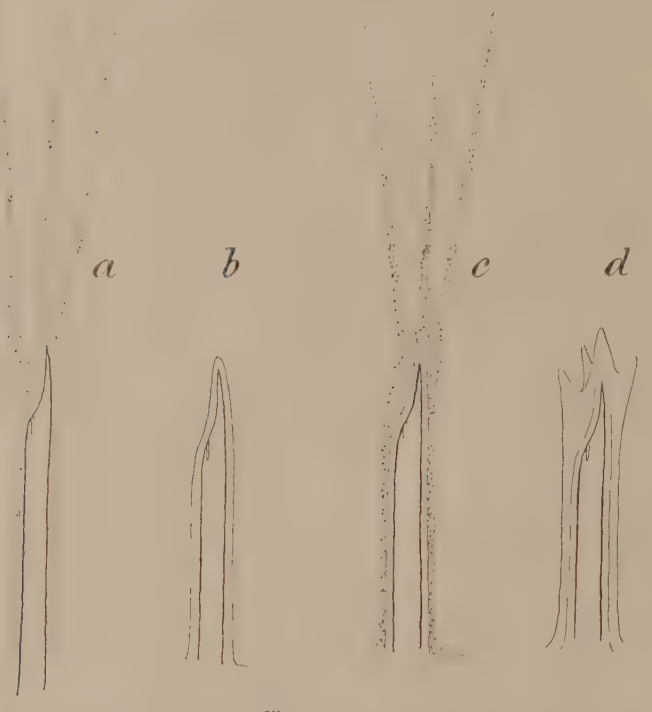


Fig. 172.

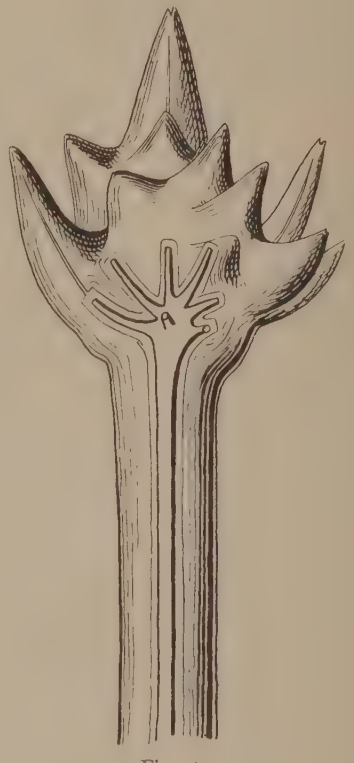


Fig. 173.

Fig. 172. Stachelbildung bei *Aulokleptes* nach IMMERMANN's Hypothese.
Fig. 173. Stacheln von *Aulokleptes flosculus* (HAECKEL) mit eingeschlossener *Aulographonium*-Nadel.

Bezüglich der von IMMERMANN aufgestellten Hypothese möchte ich gleich hier hervorheben, daß ich seine Beobachtung, wonach die Stacheln von *Aulokleptes* regelmäßig Fremdkörper in sich schließen, durchaus bestätigen und in einer Hinsicht noch erweitern kann. Ich habe nämlich nicht bloß die Gehäuse einer ganzen Reihe von Diatomeenarten im Inneren der *Aulokleptes*-Stacheln gefunden, sondern in wiederholten Fällen auch Nadeln von anderen Aulacanthiden, nämlich von *Aulacantha scolymantha* (Taf. IV, Fig. 44) und einer *Aulographonium*-Art (Taf. IV, Fig. 45; Textfig. 173).

Daneben wurden aber im „Valdivia“-Material noch einige andere Befunde gemacht, welche mit Sicherheit darauf schließen lassen, daß bei *Aulokleptes* der Prozeß der Nadelbildung in ganz ähnlicher Weise vor sich geht, wie bei anderen Aulacanthiden, insbesondere bei der nahe verwandten Gattung *Auloceros*, und daß man die Benutzung von Fremdkörperunterlagen nicht als

ein primitives, sondern als ein sekundäres Verhältnis zu betrachten hat. Auf diese Beobachtungen wird weiter unten näher eingegangen werden, hier sei nur vorausgeschickt, daß ich wenigstens in einem Punkte mit IMMERMANN zusammentreffe, nämlich in der Annahme, daß es „Vakuolen" sind, welche bei den Aulacanthiden als Ausgangspunkt für die Stachelbildung dienen, und zwar bin ich im Gegensatz zu IMMERMANN, der die eigentliche gestaltbildende Thätigkeit in die Pseudopodien verlegt, und ebenso im Gegensatz zu DREYER, dem zufolge die Vakuolen gewissermaßen als negative Form ebenfalls nur eine passive Rolle bei der Skelettbildung spielen, zu dem Ergebnis gelangt, daß speciell der plasmatischen Hülle der Vakuolen, der Vakuolenhaut, eine wesentliche Funktion bei letzterer zufällt.

Schwierigkeiten der entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung.

Die bisherigen Darstellungen, welche die Ontogenese des Radiolarienskelettes zum Gegenstand hatten, haben, wie auch von den Autoren selber anerkannt wird, einen überwiegend hypothetischen Charakter, und Bilder, welche in unzweifelhafter Weise als Entwickelungsstadien zu betrachten wären, spielen dabei nur eine sehr geringe Rolle. Dieser Mangel ist in der auffälligen Sprödigkeit begründet, welche die Radiolarienwelt der entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung entgegenstellt.

Auf den ersten Anblick könnte es allerdings scheinen, als ob ein Ueberfluß an ontogenetischem Material vorläge, und man wird insbesondere leicht in die Versuchung kommen, die Sphärellariengehäuse mit mehreren konzentrischen Gitterschalen oder die mehrstockigen Vogelkäfige der polythalamen Cyrtellarien zum Teil wenigstens als Glieder ontogenetischer Reihen zu betrachten. In der That hat auch HAECKEL bei ersteren die innerste Markschale, bei letzteren die Gitter-Cephalis als die zuerst gebildeten Skelettteile angesehen, an welche sich dann auf Grund einer successiven Skelettbildung die äußeren Schalen, bezw. die größeren Kammern angliedern würden. So ließe sich denken, daß wenigstens in vielen Fällen die einfacher gebauten Gehäuse ontogenetische Vorstufen der komplizierteren darstellen. Auch DREYER hat unbedenklich für viele Gerüstformen eine successive Entstehung der einzelnen Teile, also wiederholte Lorikationsmomente angenommen, und ebenso hat er die oberflächlichen Leistennetze, z. B. der Circoporidenschalen (Textfig. 158—160), als sekundäre Bildungen betrachtet, welche auf Grund eines nachträglichen Prozesses der ursprünglich glatten Schale aufgesetzt würden. An diese Auffassung knüpft sich von selber die Vermutung an, daß manche einfacher gebaute Formen, die man bisher als besondere, phylogenetisch primitive Arten beschrieben hat, in Wirklichkeit nichts anderes als Jugendstadien seien. Zu der gleichen Annahme ist IMMERMANN bezüglich der vielgestaltigen Radialstacheln von *Aulokleptes* gelangt: er hält die einfacheren Stacheltypen (vergl. Taf. IV, Fig. 40, 42) für ontogenetische Anfangsstufen und glaubt, daß die komplizierteren Formen (Fig. 38, 39, 43—45) auf Grund einer successiven, oberflächlichen Apposition von Kiesellamellen zu stande kommen.

Trotzdem nun ein solches allmähliches Wachstum der Kieselskelette in der Gehäusebildung der Foraminiferen eine Parallele finden und demnach die Annahme successiver Größen- und Formveränderungen des Radiolarienskelettes von vornherein keinen theoretischen

Schwierigkeiten begegnen würde, ist doch dagegen zu erwidern, daß ein thatsächlicher Beweis für ihre Richtigkeit, soviel mir bekannt ist, noch nicht gefunden wurde. Es ist bisher weder eine mehrschalige Sphärellarie, noch eine polythalame Cyrtellarie beobachtet worden, bei welcher die konzentrischen Schalen, bezw. die aufeinander folgenden Kammern verschiedene Stadien der Verkieselung aufweisen, und somit ist die Annahme einer successiven Entstehung vorderhand noch durchaus hypothetisch.

Speciell für die Tripyleen glaube ich im Gegenteil den Satz aussprechen zu können, daß das Gesamtskelett vom Eintritt der Verkieselung an in seinen Größen- und Formverhältnissen keine weiteren Veränderungen erfährt. Form und Größe des definitiven Skelettes sind vielmehr zu Beginn des Verkieselungsprozesses durch die häutige Skelettanlage endgültig bestimmt.

Eine Ausnahme bilden bis zu einem gewissen Grade die Aulacanthiden, deren Skelett ja aus isolierten Skelettstücken, den Radialstacheln, besteht. Hier werden, wie mehrere junge *Auloceros*- und *Aulospathis*-Exemplare gezeigt haben (Taf. X, Fig. 102, 103), die zunächst diametral gelagerten Radialstacheln einer nach dem anderen ausgebildet. Für jeden einzelnen Radialstachel gilt aber, was für das Gesamtskelett der übrigen Tripyleen gesagt wurde: Größe und Form des definitiven Stachels ist durch die Größe der häutigen Stachelanlage bestimmt. Nur für die Nadeln von *Aulokleptes* möchte ich vorläufig noch die Möglichkeit offen lassen, daß wenigstens die bizarrsten und mächtigsten Typen, insbesondere die knospen- und artischockenähnlichen Formen (Taf. IV, Fig. 43, 45; Taf. XLIII, Fig. 321; Textfig. 173), auf Grund eines sekundären Dickenwachstums ihre definitive Form erhalten. Zwingende Gründe scheinen mir allerdings für diesen Vorbehalt nicht vorzuliegen, vielmehr ließe sich die Entwickelung dieser extremen Stachelformen unschwer auch auf anderem Wege denken (s. unten).

So gilt denn, wie später im einzelnen auseinandergesetzt werden soll, wenigstens für die Tripyleen der Satz, daß weder das Gesamtskelett der einen, noch die isolierten Skelettelemente der anderen Formen (vielleicht mit der einzigen Ausnahme der komplizierteren *Aulokleptes*-Nadeln) nach Eintritt der Verkieselung wachsen und Formveränderungen einzugehen vermögen, und da auch bei *Oroscena* (einer Collodarie) die Größen- und die gröberen Formverhältnisse der Gitterschale und ihrer Anhänge bei Tieren mit ganz jugendlicher Centralkapsel im Durchschnitt die nämlichen sind wie bei den ältesten Individuen, so scheint mir dieser Satz eine weitere Gültigkeit zu besitzen. Demnach bieten sich also bei den genannten Radiolariengruppen, im Gegensatz zu den Foraminiferen, der ontogenetischen Untersuchung im ganzen keine Jugendstadien mit einfachen Skeletttypen dar, und wenn anfangs der Versuch vielleicht aussichtsvoll erschien, unter Berücksichtigung der Weichkörperverhältnisse manche von HAECKEL u. a. getrennt beschriebene, durch ihre Skelette unterschiedene Formen als ontogenetisch zusammengehörig nachzuweisen — eine Aufgabe, auf welche mich auch der Leiter der Expedition in seinem ersten Schreiben hingewiesen hatte —, so mußte dieser Punkt bald aus dem Arbeitsprogramm gestrichen werden.

Die Schwierigkeit, welche sich der ontogenetischen Untersuchung entgegenstellt, wird nun dadurch noch erhöht, daß, wenigstens bei den Tripyleen, der eigentliche Skelettbildungsprozeß sich nicht bloß nicht über eine längere Jugendperiode erstreckt, sondern, wenn er einmal seinen Anfang genommen hat, außerordentlich rasch durchgeführt

wird. Schon Haeckel spricht von einem Lorikationsmoment, und ebenso schließt Dreyer aus dem Umstand, „daß man höchst selten, fast nie, unvollendeten Kugelschalen begegnet", daß die Schalenanlage sehr schnell vor sich geht. Auch bei anderen Objekten sind entsprechende Beobachtungen gemacht worden; so berichtet neuerdings Elpatiewsky (1907), daß bei der vegetativen Vermehrung von *Arcella* der aus der Mutterschale austretende Tochterteil der Sarkode momentan eine dünne, durchsichtige Membran ausbildet. Nach Angabe von Maas (1900, 1900a, 1900b) erfolgt auch bei Kieselschwämmen *(Tethya)* die erste Entstehung der Skelettelemente, bei Kalkschwämmen (Sykonen) das Auswachsen der Nadeln aus dem Schwammkörper heraus in überraschend schneller Weise, und vielleicht darf auch an das Seeigelei erinnert werden, bei welchem normalerweise die oberste Lamelle durch eine heftig vor sich gehende Abscheidung von Bläschen simultan abgehoben wird (Loeb, 1905).

Mit dem Mangel an eigentlichen Uebergangsstufen hängt es zusammen, daß es wohl sehr schwer möglich sein wird, die Zugehörigkeit der skelettlosen, offenbar als Jugendstadien zu betrachtenden Formen zu bestimmten, skelettführenden Arten nachzuweisen. Ich denke dabei an die Phäocollen (Syst. Teil, S. 7), an die nur mit einem lockeren Mantel von freien Tangentialnadeln ausgestatteten Cannobeliden (S. 10), an die „isolierten Centralkapseln" (S. 461) und unter den Collodarien an die Actissen (S. 390 unten). Hier wird es wohl nur unter Berücksichtigung besonderer Eigentümlichkeiten der Centralkapsel und des Kernes gelingen, die systematische Stellung endgültig zu entscheiden.

Weichhäutige Stadien, halbverkieselte Stadien und teratologische Vorkommnisse.

Im Vorhergehenden ist darauf hingewiesen worden, daß mindestens bei den Tripyleen die Skelettbildung einen sehr rasch verlaufenden Prozeß darstellt. Trotzdem ist es aber möglich eine genauere Analyse der komponierenden Einzelvorgänge vorzunehmen, weil wenigstens die erste Phase sich zeitlich von den übrigen abhebt und weil unter abnormen Verhältnissen auch die späteren Phasen voneinander getrennt erscheinen.

Schon Borgert (1900) hat die gelegentliche Bemerkung gemacht, daß die Radialstacheln der Aulacanthiden und die Schalen der Challengeriden ein weichhäutiges Anfangsstadium durchlaufen, und ich selbst bin bei den meisten Tripyleengruppen auf weichhäutige, mehr oder weniger färbbare Skelette gestoßen, welche mindestens in einigen Fällen als normale Entwicklungsstadien zu betrachten sind.

Wohl mit Sicherheit kann dies dann behauptet werden, wenn auch der Kern, die Centralkapsel und die Extrasarkode einen unverkennbar jugendlichen Charakter aufweisen. Dies gilt z. B. für die in großen Tiefen (T.-St. 121, S. 1900—2500) gefischten weichhäutigen Exemplare von *Challengeria Naresi,* von welchen eines den Kern noch im Zustand der Telophase zeigte und außerdem eine die Centralkapsel umhüllende provisorische Hülle, unvollkommen entwickelte Parapylen und eine phäodellenarme, unverkennbar in Neubildung begriffene Extrasarkode, also lauter Merkmale eines jugendlichen Zustandes, aufwies (Taf. LII, Fig. 430). Die Schale (Fig. 430 *s*) zeigte bei diesem Exemplar bereits die Strukturverhältnisse des fertigen Zustandes, war aber noch

durchaus färbbar. Insbesondere gilt dies für die beiden Grenzlamellen (innere und äußere Cuticularschicht), während die das Balkenwerk bildende Füllsubstanz durch Hämatoxylin schwächer tingiert wurde. Die kleinen, in der Füllsubstanz abgelagerten Körnchen, welche ich anfangs für die ersten Spuren der Verkieselung hielt, sind wahrscheinlich als luftgefüllte Porenräume zu betrachten.

Ebenso wie diese Challengerien, darf wohl auch ein weichhäutiges Exemplar von *Astracantha paradoxa* als ein normaler Entwicklungszustand angesehen werden, da auch die von den Radialstacheln eingeschlossene Gallerte noch eine färbbare Beschaffenheit aufwies, was allen sonstigen Erfahrungen gemäß als Zeichen eines frühen Entwicklungsstadiums aufzufassen ist (Syst. Teil, S. 384, Textfig. 49).

In anderen Fällen zeigten die weichhäutigen Exemplare Abnormitäten verschiedener Art, oder es traten neben ihnen monströs gestaltete Individuen auf, so daß der Verdacht bestand, es möchte in diesen Fällen die Weichhäutigkeit an sich schon als eine Abnormität, als eine Entwicklungshemmung zu betrachten sein. Dies gilt namentlich, wie unten ausgeführt werden soll, für einige in der Antarktis gefundene Castanelliden (Taf. XL), und ebenso war von den beiden weichhäutigen Exemplaren von *Tuscaretta tubulosa,* welche das „Valdivia"-Material lieferte, das eine ein ganz augenscheinlicher Krüppel (Taf. XXX, Fig. 232; Taf. XXXII, Fig. 247), das andere zeigte die Kerne auf einem so späten Entwicklungsstadium, daß auch bei ihm bezweifelt werden muß, ob seine Schale eben erst entstanden ist.

Aber auch die hier aufgezählten Fälle, in welchen die Weichhäutigkeit des Skelettes wahrscheinlich nicht einen normalen Charakter darstellt, sind für die ontogenetische Untersuchung von Bedeutung, weil sie, wie die Abnormitäten und Monstrositäten überhaupt, wertvolle Winke für die Beurteilung des normalen Entwicklungsverlaufes gewähren.

Was für die weichhäutigen Stadien gilt, muß auch von den halbverkieselten gesagt werden: auch sie dürften mindestens in vielen Fälten Durchgangsphasen eines normalen Entwicklungsganges darstellen, in anderen dagegen gehören sie eher in die Kategorie der Entwicklungshemmungen, ohne damit ihre Bedeutung für die ontogenetische Betrachtung einzubüßen.

Diese Bedeutung teratologischer Vorkommnisse für die Entwicklungsgeschichte ist ja allgemein anerkannt, und insbesondere wird auch von seiten der entwicklungsmechanischen Forschung zugegeben, daß unter Umständen die pathologischen Befunde ihrem erklärenden Werte nach dem künstlichen Experimente nahekommen können. So sagt ROUX (1893): „Außer den Veränderungen, die durch das künstliche Experiment gesetzt werden, kommen als Mißbildungen oder als bloße Variationen oder als Folgen von Erkrankungen nicht selten Veränderungen der Organismen vor, die denen des analytischen Experimentes an ihnen annähernd oder ganz entsprechen, und daher in ähnlicher Weise wie dieses zu kausalen Ableitungen zu verwerten sind" (vergl. auch ROUX, 1894, S. 31).

Gerade bei den Radiolarien liefern nun die Mißbildungen deshalb ein unentbehrliches und unschätzbares Material für die ontogenetische Untersuchung, weil aus den oben angeführten Gründen nur wenige normale Entwicklungsstadien zu Gesicht kommen, erstere dagegen, speciell in den verschiedenen Tripyleengruppen, in großer Menge zur Verfügung stehen. Schon beim ersten Sortieren waren sie mir aufgefallen, im weiteren Verlauf der Untersuchung habe ich von

jeder noch so kleinen Abweichung vom Normalen Notiz genommen, und so wurde den Mißbildungen auch in den Tafeln ein beträchtlicher Raum zugestanden. Speciell auf den Tafeln XXV und XXX (Tuscaroren), XXXVI, XXXVIII und XL (Castanelliden), XLII (Aulacanthiden), XLIV und XLV (Aulosphäriden) sind Mißbildungen der verschiedensten Art in großer Zahl wiedergegeben worden.

Ihrem Wesen und teilweise ihrer Entstehung nach sind bei den Tripyleen etwa sieben verschiedene Gruppen von Mißbildungen[1]) zu unterscheiden:

1) **Exogene Verbildungen.** Unter denjenigen Mißbildungen, für deren Zustandekommen mit einiger Sicherheit direkt wirkende äußere Faktoren, insbesondere einseitige Stoßwirkungen, verantwortlich gemacht werden können, sind in erster Linie die Verbiegungen und Knickungen radialer Skelettelemente anzuführen. Speciell bei den Aulacanthiden trifft man vielfach vollständig verkieselte Radialstacheln an, welche an irgend einem Punkte eine Einknickung aufweisen (Taf. XLII, Fig. 315). Bei der spröden Beschaffenheit der Kieselsubstanz ist es ausgeschlossen, daß diese Verbildung erst an der fertigen Nadel eingetreten ist, vielmehr scheint die einzige Erklärungsmöglichkeit die zu sein, daß sie im weichhäutigen Stadium, infolge einer radiär gerichteten Druckwirkung, vielleicht einer Kollision mit anderen Organismen zu stande gekommen ist. Besonders deutlich scheint mir ein derartiger Zusammenhang dann hervorzutreten, wenn mehrere benachbarte Radiärelemente die nämliche Mißbildung zeigen, wie dies z. B. bei einem Exemplar von *Coelodendrum lappaceum* (Textfig. 174) der Fall war.

Fig. 174. Geknickte Dendritenäste von *Coelodendrum lappaceum.*

Außer diesen ausgesprochenen Knickungen zeigen die radiären Skelettteile und insbesondere auch die Terminalbildungen recht häufig unregelmäßige Krümmungen und Verbiegungen anderer Art, welche ebenfalls im weichhäutigen Stadium durch Widerstände irgendwelcher Natur herbeigeführt sein müssen (vergl. Taf. VI, Fig. 62; Taf. XXXVII, Fig. 281; Taf. XLIII, Fig. 317a; Taf. XLVIII, Fig. 372 u. a.). Einige ähnlich gestaltete Deformationen, denen aber eine andere Ursache zugeschrieben werden muß, werden unter einer anderen Rubrik eine Besprechung finden.

2) **Formstörungen (Krüppelformen) und Dislokationen.** Unregelmäßigkeiten in der Körperform und in der Anordnung einzelner Teile, wie sie bei den Tripyleen nicht selten auftreten, haben zum Teil wohl ebenfalls in äußeren Einwirkungen ihre Veranlassung, zum Teil dürfte es sich schon um Verbildungen mehr endogener Natur handeln, d. h. um Veränderungen, bei welchen eine unmittelbare Wirkung mechanischer oder chemischer Außenfaktoren einfacher Art nicht erkennbar ist. Dahin gehört z. B. eine *Tuscaretta tubulosa* mit excentrischer, weitklaffender Pylomöffnung und unregelmäßig angeordneten (teilweise verkümmerten) Radialstacheln (Taf. XXX,

1) Ich bin im folgenden zu einer Gruppierung der Mißbildungen gelangt, welche ziemlich genau der in der menschlichen Pathologie üblichen entspricht. So unterscheidet E. Ziegler (Allg. Path., 10. Aufl., Jena 1901): Hemmungsmißbildungen; Lageveränderungen der Organe; durch excedierendes Wachstum und Organvermehrung entstandene Mißbildungen; Zwitterbildungen und Doppelmißbildungen.

Fig. 232), eine birnförmige Monstrosität von *Castanidium variabile* mit seitlich gelegenem Pylom (Taf. XL, Fig. 295) u. a.

3) **Entwicklungshemmungen.** Weitaus die wichtigste Bedeutung für die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung besitzen die Entwicklungshemmungen, d. h. Störungen, welche durch Stehenbleiben der ontogenetischen Prozesse auf irgend einem Stadium zu stande kommen und welche also in den Genepistasen EIMER's und in den retrogressiven Variationen H. DE VRIES' ihr phylogenetisches Gegenstück haben. Dabei ist keineswegs nötig, daß alle Elementarprozesse gleichzeitig und in gleich starkem Maße zum Stillstand kommen, vielmehr können unter Umständen primäre, vorbereitende Prozesse gehemmt werden, dagegen die sekundären, nachfolgenden zur vollkommenen Durchführung gelangen, so wie z. B. bei Hypophalangie der menschlichen Finger die Nagelbildung ganz oder nahezu ungestört vor sich gehen kann.

Speciell bei den Tripyleen kommen sehr viele Entwicklungshemmungen dadurch zu stande, daß die häutige Skelettanlage nicht zur vollen Entfaltung gelangt und trotzdem die Verkieselung durchgeführt wird. Hierher gehören vor allem die Radialstacheln mit knopfförmigen oder sonstwie verkümmerten Terminalbildungen, wie sie bei Aulacanthiden (Taf. I, Fig. 7; Taf. VI, Fig. 62; Taf. VII, Fig. 82) und Cölodendriden keine seltene Erscheinung sind, ferner die kuppenförmig abschließenden Nadeln von *Aulospathis*, welche alle Uebergänge zu normal gestalteten *monodon*-Nadeln erkennen lassen (Taf. VI, Fig. 65—67; s. unten, Textfig. 178a—c), Castanellidenschalen mit knopfförmigen Nadelrudimenten (Taf. XXXVIII, Fig. 291) u. a.

Eine besondere Gruppe von Entwicklungshemmungen bilden die stachellosen Varianten der Cannosphäriden und Castanelliden (Taf. XIV, Fig. 143; Taf. XXXVI, Fig. 277). Da die betreffenden Exemplare stets nur vereinzelt und zwar neben typischen, stacheltragenden Individuen vorkommen und da an den nämlichen Exemplaren in der Regel einzelne Radiärelemente in verkümmerter Form erhalten sind, so dürfte es keinem Zweifel unterliegen, daß man es in der That mit Entwicklungshemmungen, also mit Individualvarianten, und nicht mit besonderen Species zu thun hat. Vielleicht gehören hierher auch die von HAECKEL beschriebenen stachellosen Aulosphäriden (vergl. Syst. Teil, S. 111).

4) **Entwicklungsstockungen.** Als Entwicklungsstockungen möchte ich im Gegensatz zu den Entwicklungshemmungen solche Verbildungen bezeichnen, welche durch vorübergehende Unterbrechungen eines ontogenetischen Einzelprozesses zu stande kommen.

Ein besonders schönes Beispiel fand ich an einem Exemplar von *Astracantha paradoxa* (Taf. LXXII, Fig. 534—536), bei welchem nahezu sämtliche Radialstacheln auf gleicher Höhe, nämlich an der Grenze zwischen dem äußeren und mittleren Drittel, nahtförmige Unterbrechungen (Fig. 535, 536) oder auch eigentliche Einschnürungen (Fig. 534), sowie an der gleichen Stelle eigentümlich deformierte Dornen aufwiesen. Diese Abnormität kann nur so gedeutet werden, daß während des im häutigen Zustand vor sich gehenden Auswachsens der Radialstacheln der ganze Weichkörper von einer vorübergehenden Störung betroffen wurde und daß auf diese Weise die Stachelanlagen in ihrer Entfaltung eine simultane, nur kurze Zeit währende Unterbrechung erfuhren (vergl. Syst. Teil, S. 385).

5) **Konstitutionelle Asymmetrien.** Während es im vorigen Falle denkbar wäre, daß ein äußerer, vorübergehend einwirkender Reiz die gleichartige Verbildung aller Radialstacheln herbeigeführt habe, kann bei den früher (S. 588, Textfig. 171) beschriebenen Exemplaren von *Auloceros arborescens trigeminus*, welche an sämtlichen Radialstacheln eine asymmetrische Abbiegung der beiden Terminaläste aufweisen, eine derartige Reizwirkung schwerlich angenommen werden. Es wäre ja freilich allenfalls denkbar, daß den betreffenden Individuen durch einen Stoß eine rollende Bewegung mitgeteilt worden sei und daß damit die einseitige Verbiegung im Zusammenhang stände; indessen spricht gegen diese Annahme der Umstand, daß bei *Auloceros trigeminus* mehrere Exemplare die nämliche Erscheinung aufwiesen, während diese bei anderen Aulacanthiden mit zwei Terminalästen niemals gefunden wurde. So handelt es sich denn zweifellos um eine konstitutionelle Abänderung, welche auf der Grenze zwischen pathologischen Abnormitäten und individuellen, zur Rassenbildung neigenden Varianten steht, und eine Zusammenstellung mit der bei *Astracantha* beobachteten Aberration, wie ich sie im systematischen Teil (S. 385) vorgenommen habe, ist daher wohl schwerlich am Platze.

6) **Wucherungen und Hypertrophien.** Unter besonderen Umständen kann eines der fundamentalen Bauprinzipien, welches bei der Entwickelung des Radiolarienskelettes Geltung hat, das Prinzip der Materialersparnis, durchbrochen werden, so daß Wucherungen des Gitterwerkes oder hypertrophische Verdickungen der Skelettwandungen zu stande kommen.

In die erste Gruppe von Abnormitäten gehören die unregelmäßigen Flechtwerke, die nicht selten an mißgebildeten Castanellidenschalen unterhalb der eigentlichen Gitterschale auftreten (Taf. XXXVIII, Fig. 289; Taf. XL, Fig. 295 a), und vielleicht sind hierzu auch einige Vorkommnisse ähnlicher Art zu rechnen, welche bei Oroscenen gefunden wurden (Syst. Teil, S. 411, Textfig. 69).

Als Hypertrophien sind zu bezeichnen die scheibenförmigen Verdickungen der Knotenpunkte, die bei einem abnormen Aulosphäridenskelett zur Beobachtung kamen (vergl. Syst. Teil, S. 462, Textfig. 95 und 96; sowie hier, Textfig. 175 *d*, *e*), und ebenso die mächtigen, keulenförmigen Radialstacheln mit deutlich geschichteter Wandung (Textfig. 176 c), welche bei einem Exemplar von *Aulographis stellata* zwischen normalen und kuppenförmig abgeschlossenen Nadeln (a und b) im Weichkörper steckten. Es erinnern diese Keulen an die extrem entwickelten, artischockenförmigen Typen der *Aulokleptes*-Nadeln (Taf. IV, Fig. 43, 45; Taf. XLIII, Fig. 321; S. 590, Textfig. 173), deren enorme Massenentfaltung vielleicht als eine Reaktion der Radiolarien-Sarkode auf den vom eingeschlossenen Fremdkörper (der Diatomeenschale) ausgeübten Reiz zu betrachten ist. Ob etwas Aehnliches bei den *stellata*-Nadeln vorliegt, habe ich nicht entscheiden können.

7) **Doppelbildungen (Spaltungsmonstra und Verschmelzungen).** Verhältnismäßig selten sind mir Doppelbildungen zu Gesicht gekommen, eine Erscheinung, die zunächst einigermaßen auffallend ist, wenn man die Häufigkeit solcher Vorkommnisse bei den Foraminiferen, insbesondere bei *Orbitolites*, ins Auge faßt (vergl. Rhumbler, 1902).

Speciell als ein Spaltungsmonstrum ist die in Fig. 498 a (Taf. LXVI) abgebildete Terminalbildung von *Coelographis regina* zu betrachten. Die zweite Form von Doppelbildungen, die durch nachträgliche Verschmelzung zweier ursprünglich getrennter Individuen zu stande kommt und speciell bei *Orbitolites* eine häufige Erscheinung ist, habe ich bei den Radiolarien nicht mit Sicherheit nachweisen können. Doch ist es immerhin möglich, daß das in T.-St. 74 gefundene, nierenförmige Individuum von *Tuscaretta tubulosa* mit 4 Centralkapseln hierher gehört. Meine

ursprüngliche Ansicht (1904), es müsse sich um ein normales Zweiteilungsstadium handeln, habe ich aufgeben müssen (vergl. Syst. Teil, S. 206), und so bleibt wohl nur die Alternative übrig: entweder ist ein nacktes, *Phaeocolla*-ähnliches, in Teilung begriffenes Jugendstadium durch eine verfrüht eingetretene Skelettbildung überrascht worden (S. 207), oder wir haben ein durch unvollkommene Verschmelzung entstandenes Doppelmonstrum vor uns.

Die vorstehende Uebersicht zeigt, daß am Radiolarienskelett Deformitäten der verschiedensten Art auftreten können. Nicht alle sind für die Untersuchung der normalen Entwicklung von direkter Bedeutung, vielmehr kommen in erster Linie nur die Entwicklungshemmungen und die Dislokationen in Betracht. Aber auch die übrigen verdienen Beachtung, da sie doch den einen oder anderen Lichtblick auf das normale Entwicklungsgeschehen und die dabei mitspielenden Faktoren und Einzelprozesse werfen. Ihr Wert dürfte noch größer werden, wenn wir einmal über das, was im folgenden über die Bildung des Radiolarienskelettes mitgeteilt werden kann, um einige kräftige Schritte hinausgekommen sind.

Zwei Bemerkungen allgemeiner Art mögen hier noch ihre Stelle finden.

Zunächst sei noch einmal auf die früher mitgeteilte Beobachtung hingewiesen, wonach Entwicklungshemmungen und Verkrüppelungen aller Art vorzugsweise in den Mischgebieten, d. h. in den Berührungszonen warmer und kalter Strömungen, und überhaupt an den Grenzen der Warmwasserregionen auftreten, ein Hinweis darauf, daß wohl bei der Entstehung der meisten Verbildungen die äußeren Faktoren einen direkten oder indirekten Einfluß ausüben.

Die zweite Thatsache allgemeiner Natur, welche hier Erwähnung finden möge, ist die Erscheinung der Koincidenz der Abnormitäten, d. h. Individuen, welche nach einer Richtung hin eine Deformität zeigen, weisen sehr häufig auch Abnormitäten anderer Art auf.

Beispiele hierfür lassen sich in großer Zahl anführen. Es möge hier nur ein antarktisches Exemplar von *Aulospathis variabilis triodon* (Taf. VII, Fig. 81, 82) erwähnt werden, bei welchem ein Teil der Radialstacheln nach den verschiedensten Richtungen hin vom Typus abgewichen ist: bald zeigen die Terminaläste, bald die Proximaläste ausgeprägte Entwicklungshemmungen, bald macht sich die Tendenz zur Wucherung in einer Vermehrung, bald in einer atypischen Gabelung der Stacheläste geltend. Koincidenzen anderer Art fanden sich nicht selten bei den Tuscaroren: so liegt mir ein kugeliges Exemplar von *Tuscaretta tubulosa* vor, welches außer der weichhäutigen Beschaffenheit und abnormen Gestalt der Schale ein weitklaffendes Peristom und mehrere rudimentäre Stacheln aufweist (Taf. XXX, Fig. 232); eine *Tuscarantha Luciae* mit schräg gestelltem Apikalstachel, mit stark eingeschnürtem Peristomhals und parallel gerichteten Oralstacheln (Taf. XXVI, Fig. 205); ein Exemplar von *Tuscarantha Braueri* mit dreiseitig-pyramidaler Schalengestalt, welches aber nur zwei Aboralstacheln und außerdem ein ganz mangelhaft ausgebildetes Peristom besitzt (Taf. XXV, Fig. 196 u. 197) u. a. Auch bei den Cölodendriden gelangten mehrfach derartige Häufungen von Abnormitäten zur Beobachtung (vergl. Syst. Teil, S. 380).

Die auffälligste und lehrreichste Koincidenz fand sich bei dem schon oben erwähnten Exemplar von *Aulosphaera* sp. vor (Textfig. 175). Hier sind die einzelnen Knotenpunkte nach den verschiedensten Richtungen hin vom *Aulosphaera*-Typus abgewichen, und

zwar stellen sich die Variationen gewissermaßen als Anleihen dar, die bei einer ganzen Reihe näher oder entfernter stehender Tripyleengruppen (Sagosphäriden, Castanelliden, Medusettiden) gemacht worden sind (vergl. Syst. Teil, S. 462).

Erscheinungen der hier besprochenen Art sind auch auf anderen Gebieten beobachtet worden. Es sei nur an die Häufung der „Stigmata“ bei erblich belasteten Personen, sowie an die Beobachtungen von Herbst erinnert, welcher bei seinen durch Lithium-Zusatz radiär gemachten Plutei stets auch apikale Defekte fand (vergl. Driesch, 1906, S. 88). Auch de Vries (1901, S. 575; 1903, S. 229) hat auf derartige Koincidenzen aufmerksam gemacht.

In einigen Fällen mag es sich bei einem solchen Zusammentreffen um Korrelationen einfacher Art, um kompensatorische Regulationen, handeln, etwa in dem Sinne, daß „es bei Abnormitäten, die irgendwo ein Plus an Skelett bedingen, wo anders immer ein Minus giebt“ (Driesch, l. c.); in anderen Fällen kommen wohl kompliziertere Wechselbeziehungen in Betracht oder, wie vielleicht bei dem vielseitig aberrierten *Aulosphaera*-Skelett, latente Potenzen, welche von der aus der Gleichgewichtslage gebrachten, gewissermaßen nach verschiedenen Richtungen oscillierenden lebenden Substanz entfaltet werden.

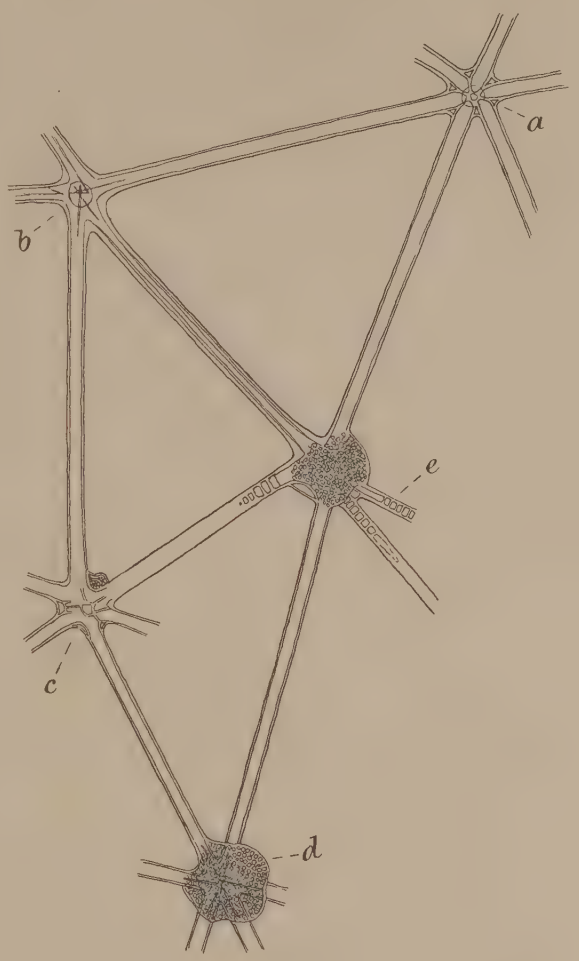


Fig. 175. Abnormes *Aulosphaera*-Skelett aus T.-St. 32. a nahezu normaler Knotenpunkt mit etwas abgehobener äußerer Kiesellamelle. b Anklänge an Castanelliden-Schalen. c und d Anklänge an Sagosphäriden-Skelette. e Kammerung der Balken ähnlich wie bei den Medusettiden.

Die Skelettbildung der Aulacanthiden.

Die ersten, wirklich verwertbaren ontogenetischen, bezw. teratologischen Thatsachen habe ich bei den Aulacanthiden angetroffen. Bezüglich der Einzelheiten der Befunde sei auf den Systematischen Teil (S. 40, 47 ff., 56 ff., 82 f.) verwiesen, hier mögen nur die wesentlichen Beobachtungen und Folgerungen eine etwas allgemeiner gehaltene Zusammenfassung finden.

Vollkommen weichhäutige Skelettteile mit gleichmäßig färbbarer Wandung sind mir bei den Aulacanthiden nicht begegnet. Dagegen fanden sich wiederholt Radialstacheln mit eingeknicktem Schafte (Taf. XLII, Fig. 315) oder mit unregelmäßig verbogenen Aesten (Taf. XLIII, Fig. 317a), also Bildungen, welche nur während eines weichhäutigen Stadiums infolge von Druck-

wirkungen zu stande kommen können. Ferner liegen mir speciell von *Auloceros* Radialstacheln vor, deren hohle Terminalbildungen eine sehr dünne, ungemein durchsichtige Wandung besitzen und

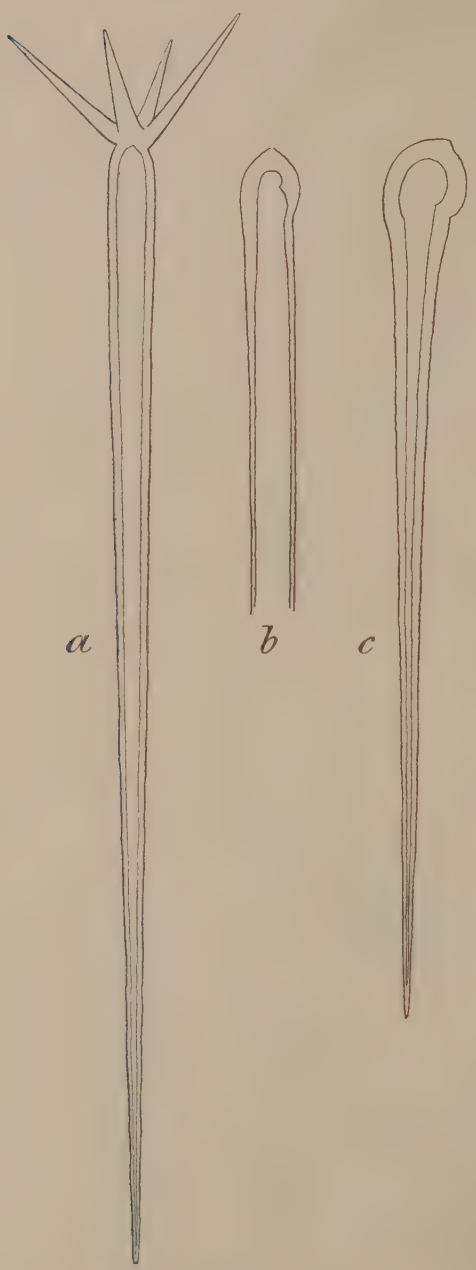


Fig. 176.

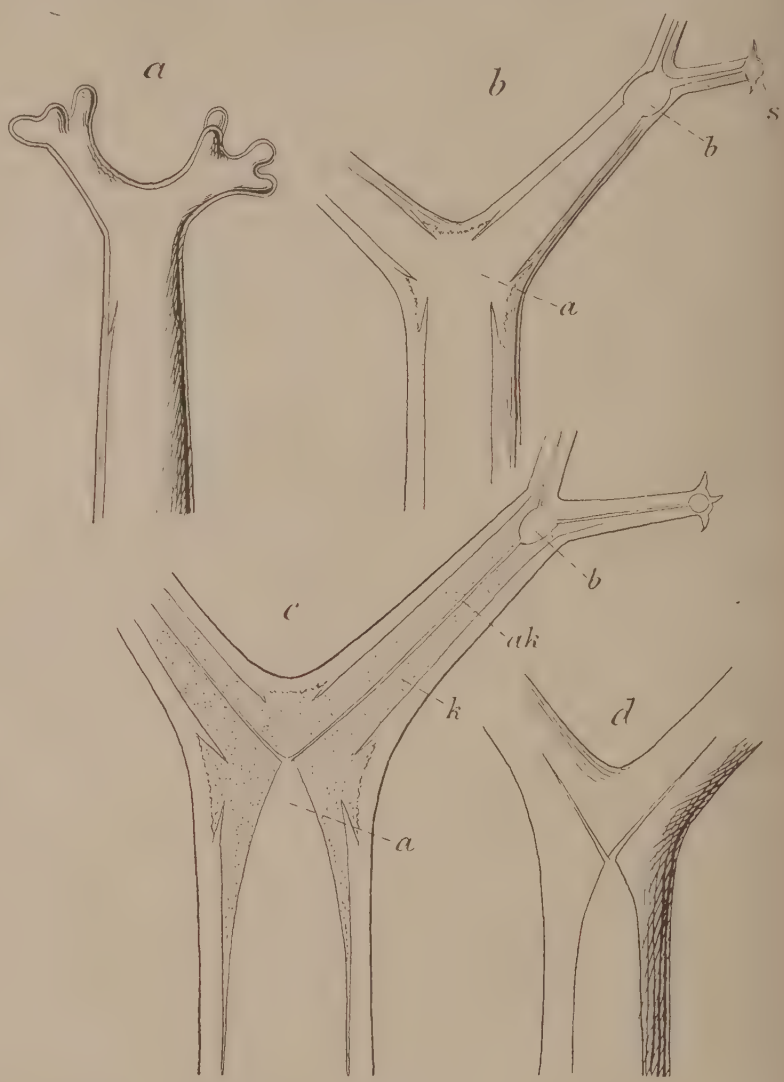


Fig. 177.

Fig. 176. Normale, kuppenförmig abgeschlossene und keulenförmige Stacheln eines Exemplares von *Aulographis stellata* aus T.-St. 218.

Fig. 177 a—d. Entwicklung der Radialstacheln von *Auloceros*. a die Terminaläste erscheinen als knopfförmige Ausstülpungen des Stachelendes. b primäre Verkieselung nahezu vollendet. c Beginn der sekundären Verkieselung. d sekundäre Verkieselung nahezu vollendet.

daher bei der Herstellung der Präparate vielfach Schaden gelitten haben. Man wird zweifellos zu der Annahme berechtigt sein, daß derartige Stacheln eben im Begriffe sind, den Verkieselungsprozeß auf die Terminalbildungen auszudehnen.

Bei einzelnen dieser dünnwandigen Radialstacheln zeigten die Terminaläste nicht die typische Form, sondern erschienen als knopfförmige Ausstülpungen des Stachelendes (Textfig. 177a). Mag es sich nun in diesen Fällen wirklich um Durchgangsphasen eines rasch verlaufenden Entwickelungsprozesses handeln, die durch die Konservierung gewissermaßen überrascht worden waren, oder mögen die betreffenden Bilder Entwicklungshemmungen darstellen, auf alle Fälle können sie nur in der Weise gedeutet werden, daß die Terminaläste als Ausstülpungen der noch weichhäutigen Stachelanlage ihre Entstehung nehmen.

Das gleiche Ergebnis erhält man bei Betrachtung derjenigen Stacheltypen, welche sei es die Terminal-, sei es die Lateraläste ebenfalls in unausgebildetem Zustande zeigen, dabei aber sowohl am Schaft, wie an den Aesten bereits eine gleichmäßig dicke Kieselwandung aufweisen. Hierher gehören vor allem die kuppenförmig abschließenden, der Terminaläste entbehrenden Stacheln von *Aulospathis* (Textfig. 178a; vergl. auch Textfig. 176b), sowie einige andere Stachelformen mit knopfförmigen oder stark verkürzten Aesten (Textfig. 178b; Taf. VII, Fig. 81 u. a.). Alle derartigen Bilder können aber unmöglich als normale, einer weiteren Entwicklung fähige Stadien, vielmehr sicherlich nur als Hemmungsbildungen betrachtet werden, da ja eine vollständige Verkieselung ein weiteres Wachstum ausschließt, und zwar können sie nur so gedeutet werden, daß in einem weichhäutigen Stadium die Bildung der Aeste, insbesondere der Terminalverzweigungen, auf Grund von Ausstülpungs- und Sprossungsvorgängen zu stande gekommen ist und daß die so gebildeten Apophysen der Stachelanlagen bald etwas früher, bald etwas später dem Verkieselungsprozeß anheimgefallen sind.

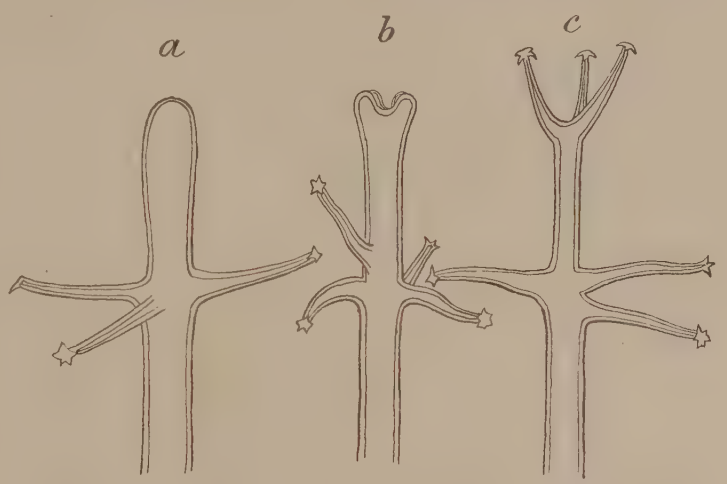


Fig. 178a—c. Kuppenförmiger Stachel, Stachel mit rudimentären Terminalästen und normaler Radialstachel von *Aulospathis variabilis triodon*.

Alle diese Beobachtungen und Betrachtungen führen also zunächst zu folgenden Anschauungen über die erste Entstehung der Aulacanthidennadeln:

Als Ausgangspunkt haben wir uns eine längsgestreckte, dünnhäutige, wahrscheinlich mit einer gallertartigen Flüssigkeit gefüllte Blase vorzustellen, welche wir uns mit Immermann als eine in die Länge gezogene Gallertvakuole denken können. Möglicherweise verdankt diese, wie Immermann meint, ihre Form einem mechanischen Zug, indem sie in centrifugaler Richtung durch die sich ausstreckenden Pseudopodien, in centripetaler durch die Kohäsion des gesamten Weichkörpers spindelförmig ausgezogen wird; vielleicht wird auch ihre Gestalt durch zunächst ausgeschiedene und später resorbierte Achsennadeln (Primitivnadeln) bestimmt, worauf die Verhältnisse bei *Aulokleptes* und bei den Aulosphäriden hinweisen; oder aber es kommt allein das Eigenwachstum der plasmatischen Hülle, der Vakuolenhaut, als formbildender Faktor in Betracht (1905, S. 366). Welche dieser drei Möglichkeiten thatsächlich

bei der ersten Entstehung der häutigen Stachelanlagen zutrifft, mag zunächst dahingestellt bleiben, jedenfalls wird man die Bildung der Aeste auf Ausstülpungs- und Sprossungsprozesse zurückführen müssen, welche ihren Sitz ausschließlich in der plasmatischen Vakuolenhaut haben.

Wir sind gewöhnt, bei höheren Organismen die Sprossungsvorgänge im wesentlichen durch ungleichmäßige Zellteilungsvorgänge zu erklären. Neben dieser histonalen Sprossung, für welche die Bildung des Cerviden-Geweihes als Beispiel angeführt werden mag, besteht bekanntlich eine zweite Form in Gestalt der syncytialen Sprossung. Die bekanntesten Beispiele hierfür bilden die Schlauchalgen oder Siphoneen *(Caulerpa, Vaucheria)*, die Bakterienpilze oder Myxobakterien, sowie die Amöbenpilze oder Acrasieen. Bei der Skelettbildung der Tripyleen und speciell der Aulacanthiden handelt es sich nun um eine dritte Form, die man, weil sie sich auf einzelne Teile von Zellen erstreckt, als intracelluläre Sprossung bezeichnen kann und welche in der Entwickelung mancher pflanzlicher Haargebilde oder des Nesselfadens der Cnidarier eine Art Seitenstück findet (1906 b, S. 45). Auf alle Fälle haben wir es bei der Sprossung mit einem physiologischen Vorgang zu thun, der mit der Kristallbildung und speciell mit der Entstehung der skelettähnlichen Kristallformen (Schneekristalle) nur eine äußerliche Aehnlichkeit hat.

Eine ganze Reihe von Bildern weist nun ferner darauf hin, daß der Verkieselungsprozeß bei *Auloceros* und *Aulographis* auf zwei Hauptphasen verteilt ist. In der ersten Hauptphase (Textfig. 177 b), welche als Phase der primären Verkieselung bezeichnet werden kann, erhält zunächst der größte Teil des Nadelschaftes seine Kieselrinde (primäre Kieselrinde), während die Terminalbildungen noch von einer verhältnismäßig dünnen Schicht umgeben sind und insbesondere die alleräußersten Endverzweigungen, so die fingerförmigen Spitzen spathillenloser Terminaläste und die Scheiben der Spathillen, nur eine äußerst zarte, sehr vergängliche Hülle besitzen (Textfig. 177 b, *s*). Insbesondere bleibt auch die Spitze des Schaftes (Textfig. 177 b, *a*) sowohl hinter den übrigen Schaftteilen, wie hinter den Basen der Hauptäste in der Verkieselung zurück, so daß an dieser Stelle der Hohlraum kugelartig erweitert zu sein pflegt. Diese Ungleichmäßigkeit wurde ebenso bei *Auloceros* wie bei *Aulographis* beobachtet (Taf. XLII, Fig. 311, 312). Auch an den sekundären und tertiären Astverzweigungen von *Auloceros* bleiben zunächst derartige Hohlräume ausgespart (Textfig. 177 b, *b*) und ebenso stellt sich, wie bereits angedeutet wurde, die Anlage der Spathillenscheibe als ein dünnwandiges Bläschen dar, welches die Form der größeren Hohlkugeln kopiert (Textfig. 177 b, *s*).

Schon während der ersten Hauptphase pflegt der Hohlraum der Terminaläste mit einer körnigen Masse angefüllt zu sein, welche den Ausgangspunkt für die sekundäre Verkieselung bildet (Textfig. 177 c, *k*). In der Regel bleiben aber wenigstens einige der kugelförmigen, an den Gabelungsstellen ausgesparten Räume (*b*) und ebenso je ein centraler, die Terminaläste durchlaufender und meist mit den Kugelräumen kommunizierender Achsenkanal (*ak*) von der körnigen Substanz frei. Ueber das Lumen des Stachelschaftes wölbt sich die letztere in Form eines gotischen Spitzbogens herüber (*a*).

Die Schlußphase der sekundären Verkieselung, nämlich die Homogenisierung dieser körnigen Grundsubstanz, scheint gleichzeitig sowohl am Schaftende und in den Terminalbildungen vor sich zu gehen (Textfig. 177 d), nur die Anlagen der Spathillen bleiben zurück, und ebenso

findet die vollkommene Zudeckung der Achsenkanäle und der kugeligen Räume an den sekundären und tertiären Verzweigungsstellen offenbar erst etwas später statt. Ist die sekundäre Füllmasse homogen geworden, so erscheint sie in der Regel mit der primären Kieselrinde vollkommen amalgamiert, so daß dann die Hartsubstanz der Aeste einen durchaus massiven Charakter zeigt.

In Bezug auf die Spathillen soll noch hinzugefügt werden, daß die Häkchen als winzige Ausstülpungen des vorerwähnten dünnwandigen Endbläschens auftreten (Textfig. 177 b, *s*) und demnach als äußerste Endverzweigungen des Stachels aufzufassen sind, worauf übrigens schon die vergleichend-morphologische Betrachtung mit Sicherheit hinweist. Die Verkieselung der Häkchen tritt früher ein als die des Endbläschens (Textfig. 177 c), und da die Membran des letzteren außerordentlich dünn, vielfach kaum erkennbar ist, so stellen sich die Häkchen öfters als keilförmige Körnchen dar, welche scheinbar zusammenhangslos um die Spitzen der Endverzweigungen gruppiert sind.

Alles in allem sind bei der Entwicklung der Aulacanthidenstacheln, insbesondere derjenigen von *Auloceros* und *Aulographis,* vier Hauptphasen zu unterscheiden: 1) Ausscheidung der häutigen Stachelanlage; 2) Sprossung; 3) primäre Verkieselung; 4) sekundäre Verkieselung.

Warum speciell die dünnhäutigen Anfangsstadien im konservierten Material nicht deutlich hervortreten, ist ohne weiteres verständlich, wenn man die außerordentlich zarte Beschaffenheit und den ungenügenden Erhaltungszustand in Betracht zieht, welchen der extrakapsuläre Weichkörper der Aulacanthiden nach Anwendung der verschiedenen Fixierungsmittel zu zeigen pflegt. Insbesondere ist von den extrakapsulären Alveolen niemals eine Spur wahrzunehmen, vielmehr erscheint der Weichkörper, wenn er überhaupt erhalten ist, als eine mehr oder weniger homogene, schwach färbbare Masse, welche nichts von der schaumigen Struktur und den sonstigen Differenzierungen erkennen läßt, die man an der lebenden *Aulacantha* des Mittelmeeres wahrnimmt. Da nun allem Anschein nach auch die häutigen Stachelanlagen nichts weiteres sind als besonders gestaltete, von einer differenzierten, wenn auch sehr dünnen Membran umgebene Alveolen, so ist es nur zu verwundern, daß, allerdings nicht bei den Aulacanthiden, aber doch bei anderen Tripyleen (Astracanthiden, Castanelliden, Cölodendriden) häutige Stachelanlagen überhaupt zur Beobachtung gelangt sind.

Auch der zweite Schritt der Skelettbildung, die intracelluläre Sprossung der von einer differenzierten Vakuolenhaut umgebenen Stachelanlage, muß sehr rasch vor sich gehen, während die beiden Phasen der Verkieselung deutlich auseinanderzuhalten sind. Bei denjenigen Aulacanthiden, welche hohle Terminalbildungen besitzen, kommt die zweite Verkieselung in Wegfall.

Auf das Wesen der einzelnen Prozesse wird im Schlußkapitel dieses Abschnittes nochmals eingegangen werden. Hier möge nur zusammenfassend gesagt werden, daß bei den Aulacanthiden sich der Vorgang der Skelettbildung nicht als ein einfacher Sekretionsprozeß darstellt und daß die Form der Skelettteile nicht durch örtliche Faktoren, nämlich durch die passive Masse der Alveolensubstanz, bestimmt wird, wie dies nach Dreyer anzunehmen wäre, sondern daß ein komplizierter Lebensvorgang vorliegt, der sich aus Sekretions-, Wachstums- und Sprossungsprozessen zusammensetzt und dessen Produkte ihrer Form nach in erster Linie durch specifische Gestaltungstendenzen des aktiven

Protoplasmas, speciell der plasmatischen Hülle der „häutigen Stachelanlagen“ bestimmt sind.

Bezüglich mancher Einzelheiten werden diese Sätze durch die Berücksichtigung anderer Tripyleengruppen eine bessere Stütze erhalten müssen, im ganzen ist mir aber keine Erscheinung zu Gesicht gekommen, welche sich nicht vom Boden dieser Anschauungen aus ohne Schwierigkeit verstehen ließe. Vor allem kann für sämtliche, bei den Aulacanthiden vorgefundene Abnormitäten eine einfache Deutung gegeben werden.

Es ist von vornherein zu erwarten, daß bei der Uebereinstimmung, welche die bei *Aulographis*, *Auloceros* und *Aulospathis* gefundenen Bilder miteinander zeigen, die Gattung *Aulokleptes* sich in Bezug auf die Skelettbildung nicht principiell verschieden verhalten werde, wenn auch vielleicht die Benutzung der Fremdkörperunterlagen gewisse Modifikationen zur Folge hat. In der That fanden sich im „Valdivia“-Material bei einer Reihe von *Aulokleptes*-Exemplaren unvollkommen verkieselte Radialstacheln, welche mit den als Entwicklungsstadien zu betrachtenden Nadelzuständen bei *Auloceros* durchaus vergleichbar sind, nur daß die Achse des Stachels von einem Diatomeengehäuse eingenommen wird (Textfig. 179). Man kann an diesen *Aulokleptes*-Stacheln gewöhnlich drei verschiedene Formen oder Aggregatzustände der Kieselsubstanz unterscheiden: das äußere Ende der Diatomeenschale ist unmittelbar von einer sehr feinkörnigen Masse umgeben, welche das nämliche Ansehen darbietet wie die sekundäre Kieselsubstanz zur Zeit ihres ersten Auftretens (Textfig. 179 a und b, *a*); die proximalen Wandpartien des Radialstachels werden von einer vollständig hellen, durchsichtigen Kieselsubstanz gebildet *(b)*; während die Wandung des äußeren Schaftendes und der Terminalbildungen aus einer opaken, deutlich geschichteten, einen Stich ins Gelbliche zeigenden Masse besteht *(c)*. Augenscheinlich repräsentieren der feinkörnige und der durchsichtige Zustand Vorstufen des opaken und ebenso dürfte sicher sein, daß die körnige, den Spaltraum zwischen der Kieselrinde und der Diatomeenschale ausfüllende Substanz *(a)* der sekundären Kieselsubstanz von *Auloceros* in ihrer ersten, körnigen Phase (Textfig. 177 c, *k*) entspricht. Daraus würde aber hervorgehen, daß auch bei *Aulokleptes* die Verkieselung von außen nach innen und nicht, wie nach der IMMERMANN'schen Hypothese anzunehmen wäre, in umgekehrter Richtung, d. h. unter successiver Ablagerung oberflächlicher Kiesellamellen, stattfindet. Eine weitere Uebereinstimmung mit *Auloceros*

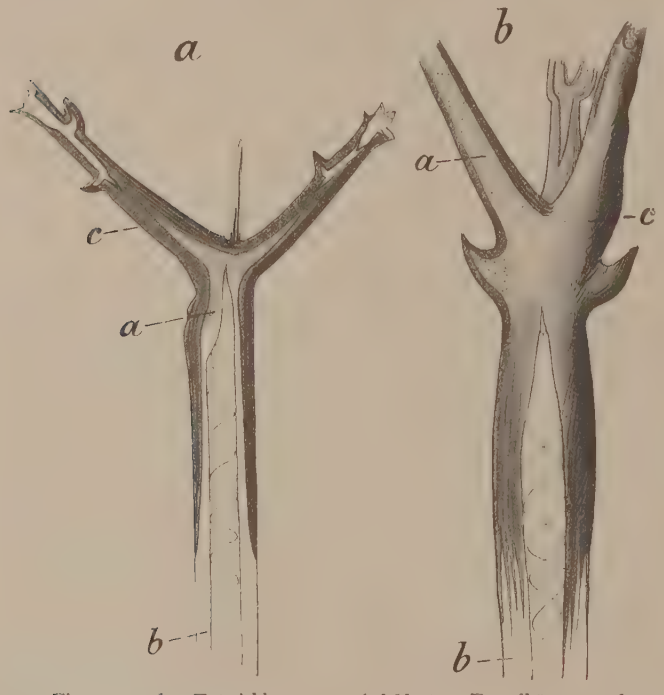


Fig. 179a—b. Entwicklung von *Aulokleptes*. Fremdkörperunterlage: Gehäuse von *Rhizosolenia*.

betrifft die Terminaläste, welche zum Teil noch breite, von Kieselsubstanz vollkommen freie Achsenkanäle und kugelförmige Endbläschen besitzen (Textfig. 179 a), zum Teil aber bereits eine körnige Innenmasse enthalten, welche stellenweise ganz allmählich in die opake, geschichtete Form der Hartsubstanz übergeht (Textfig. 179 a und b).

Aus dieser weitgehenden Uebereinstimmung zwischen den halbverkieselten Stacheln von *Aulokleptes* und *Auloceros* dürfte aber mit Sicherheit hervorgehen, daß die Bildungsweise beider die nämliche sein muß, und so gelangt man zu folgender Gesamtauffassung bezüglich der Entwicklung der *Aulokleptes*-Stacheln: Die vom Weichkörper aufgenommene Diatomeenschale wird zunächst von einer Gallertvakuole eingeschlossen, welche unter Differenzierung einer „Vakuolenhaut" zur häutigen Stachelanlage wird. Indem das distale Ende Sprossen treibt, entstehen die Terminalbildungen, und nun erfolgt, ähnlich wie bei *Auloceros*, eine von außen nach innen und gleichzeitig von den Terminalbildungen gegen das centrale Schaftende fortschreitende Verkieselung.

Auf den ersten Anblick mag es zweifelhaft erscheinen, ob auch die extremen, knospen- und artischockenförmigen Stachelformen von *Aulokleptes flosculus* diesem Bildungsmodus ihre Entstehung verdanken und ob nicht wenigstens bei ihnen in der von Immermann angenommenen Weise ein sekundäres Dickenwachstum auf Grund einer successiven Apposition von Kiesellamellen statfindet. Wenn ich auch diese Möglichkeit nicht ganz auszuschließen vermag, da mir keine entscheidenden Bilder zur Verfügung stehen, so möchte ich meinerseits doch nicht zu dieser Zusatzhypothese greifen, da der Annahme, daß auch diese Stachelformen in ihrer Entwicklung dem *Auloceros*-Typus folgen, keine zu großen Schwierigkeiten im Wege stehen und weil die gleichmäßige Schichtung vieler Stacheln (vergl. Taf. IV, Fig. 43, 45; Textfig. 173) auf eine einheitliche Entstehungsweise des ganzen Stachelkörpers hinweist. Der zunächst vielleicht verdächtige Umstand, daß bisher keine Stacheln gefunden wurden, welche als häutige Entwicklungsstadien jener derben Formen aufgefaßt werden könnten, mag wohl damit zusammenhängen, daß die einzelnen *Aulokleptes*-Individuen neben zahlreichen einfachen Nadelformen stets nur einige wenige derbe Stacheln besitzen, daß also von vornherein eine geringere Wahrscheinlichkeit besteht, auf deren Jugendstadien zu stoßen.

Ist aber die Entstehungsweise der derben Stachelformen die nämliche wie diejenige der einfacheren Typen, so ist die Annahme Immermann's nicht zu halten, wonach die letzteren jüngere Entwicklungsstadien der ersteren darstellen. Vielmehr ist anzunehmen, daß der Typus und die Massenentfaltung der einzelnen Nadel durch die Verzweigungsweise der häutigen Stachelanlage von vornherein festgelegt ist und daß dabei entweder die besondere Beschaffenheit der Fremdkörperunterlage oder der augenblickliche physiologische Zustand des ganzen Weichkörpers oder auch die promorphologischen Verhältnisse des letzteren eine Rolle spielen. Auf die erste Möglichkeit weisen diejenigen Stacheln hin, welche *Aulacantha*- oder *Aulographonium*-Nadeln als Grundlage benutzt haben und in ihren äußeren Umrissen deutlich die Form der letzteren wiedergeben (Taf. IV, Fig. 44, 45; S. 590, Textfig. 173), die zweite Möglichkeit wird durch den Vergleich mit gewissen Abnormitäten von *Auloceros trigeminus* (S. 588) und *Astracantha paradoxa* (S. 596) nahegelegt, die dritte Möglichkeit endlich ergiebt sich aus den regelmäßigen Anordnungsverhältnissen, welche die verschiedenen Nadeltypen bei *Aulokleptes ramosus angulatus* (Taf. IV, Fig. 37) zeigen.

IMMERMANN hat ferner die Hypothese ausgesprochen, daß innerhalb der Familie der Aulacanthiden das Verhalten bei *Aulokleptes* ein primitives sei, d. h. ursprünglich hätte sich die Stachelbildung stets an eine Fremdkörpergrundlage angeschlossen, und die Aulacanthiden würden erst im Laufe ihrer Stammesentwicklung allmählich dazu gelangt sein, sich von einer solchen zu emancipieren und die durch die Gestalt der Fremdkörper und der Pseudopodien kausal bestimmte Stachelform nunmehr auch ohne Zuhilfenahme von Fremdkörpern herzustellen.

Dieser Hypothese gegenüber ist auf die bei den Aulacanthiden weit verbreitete Neigung aufmerksam zu machen, die Radialstacheln anderer Aulacanthiden in ihren Weichkörper aufzunehmen und sie, indem sie dieselben in eine radiäre Stellung bringen, ihrem eigenen Skelette einzuverleiben. Insbesondere findet man bei tropischen Exemplaren von *Aulographis pandora* und *Auloceros arborescens* sehr häufig Nadeln verschiedener *Aulacantha*-Arten, welche genau die nämliche Anordnung und wohl auch dieselbe Funktion wie die eigenen Radialstacheln haben. (Näheres im Syst. Teil, S. 15 f.)

Unter Berücksichtigung dieser Thatsache gelangt man aber, wie ich glaube, zu einer ungezwungeneren Auffassung bezüglich des Verhältnisses von *Aulokleptes* zu den übrigen Aulacanthiden, als dies von der phylogenetischen Hypothese IMMERMANN's aus möglich ist. Offenbar sind, vom vergleichend-morphologischen Gesichtspunkte aus, dem eben beschriebenen Verhalten von *Aulographis* und *Auloceros* diejenigen verhältnismäßig seltenen Fälle anzureihen, in welchen Aulacanthidennadeln von *Aulokleptes*-Individuen aufgenommen und als Grundlage für die eigenen Nadeln benutzt werden, und diese Befunde scheinen mir ihrerseits die Brücke zu bilden, welche hinüberführt zu dem normalen Verhalten der *Aulokleptes*-Arten, bei denen, wie gezeigt wurde, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle Diatomeengehäuse als Fremdkörpergrundlage Verwendung finden. Wir hätten also eine Reihe, in welcher *Aulographis* und *Auloceros* mit einverleibten Aulacanthidennadeln den Anfang, die *Aulokleptes*-Individuen mit Aulacanthidennadeln die Mitte und die *Aulokleptes*-Individuen mit Diatomeengehäusen das Ende bilden. Während nun bei der ersten Gruppe die Aufnahme der Fremdkörper eine mehr zufällige und ihre Einverleibung eine losere ist, findet bei *Aulokleptes* und, wie ich gleich hinzufügen möchte, auch bei *Aulodendron antarcticum* HAECKEL (vergl. Taf. X, Fig. 94, 95) die Aufnahme der Fremdkörper in konstanter und gleichzeitig in bestimmt angepaßter Weise statt, indem dieselben in den häutigen Stachelanlagen eingeschlossen und zu ihrer Versteifung benutzt werden.

Danach würde es sich bei *Aulokleptes* nicht, wie IMMERMANN will, um ein ursprüngliches Verhältnis, sondern um eine sekundäre Anpassung handeln, und die Aufnahme der Fremdkörper würde weniger einen ätiologischen, als einen teleologischen Sinn haben. Dieses Verhältnis würde das gleiche bleiben, falls die schon früher angedeutete Vermutung zuträfe, wonach die Anlagen der Aulacanthidennadeln, ähnlich wie die der Skelettteile der Aulosphäriden, von „Primitivnadeln" ihren Ausgang nehmen. Denn in diesem letzteren Falle dürfte es sich bei *Aulokleptes* und *Aulodendron* nur um eine Substitution der autogenen durch eine fremde Nadelgrundlage handeln.

Auf einen Punkt von entwicklungsphysiologischem Interesse möge hier noch besonders aufmerksam gemacht werden, nämlich auf die vollkommene Einverleibung oder Amalgamierung, welche die Substanz der aufgenommenen Fremdkörper erfährt. Ebenso wie bei den Stacheln von *Auloceros* die sekundäre Füllsubstanz nur in statu nascendi scharf von der primären Kieselrinde getrennt zu sein pflegt, später aber mit letzterer in der Regel zu einer homogenen

Masse verschmilzt, so werden auch die von *Aulokleptes* und *Aulodendron* aufgenommenen Aulacanthiden-Nadeln und Diatomeengehäuse vollkommen der von außen nach innen an sie herantretenden Füllsubstanz einverleibt (vergl. Taf. IV, Fig. 44, 45; Taf. X, Fig. 94; Taf. XLIII, Fig. 319, 220 u. a.). Allerdings kommt ihre Form noch in dem definitiven Stachellumen in klarster Weise zum Ausdruck, und auch die Teilungsnarben und einige andere Strukturverhältnisse der Diatomeenschalen bleiben vielfach noch erhalten, aber die Substanz der Fremdkörper verschmilzt so vollkommen mit der sekundären Kieselsubstanz des *Aulokleptes-* oder *Aulodendron*-Stachels, daß von einem doppelten Schalenkontur in der Regel nichts mehr zu sehen ist. Ein ähnlicher Verschmelzungsprozeß wird uns bei den Aulosphäriden und Sagosphäriden begegnen.

Im Anschluß an die Skelettbildungsvorgänge der Aulacanthiden sei kurz der bei den Astracanthiden gemachten Beobachtungen gedacht, insbesondere eines Exemplares von *Astracantha paradoxa* mit weichhäutiger, färbbarer Stachelwandung und mit ebenfalls färbbarer Gallertfüllung (Syst. Teil, S. 384, Textfig. 49). Da bei einem Exemplar einer anderen Astracanthiden-Art (Taf. LXXII, Fig. 532) deutliche Anzeichen eines sekundären Verkieselungsprozesses zu erkennen waren, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß bei den Astracanthiden der Verlauf der Skelettbildung der nämliche ist, wie bei den Aulacanthiden.

Dasselbe muß aber auch, wie eine Reihe von Einzelbeobachtungen erschließen läßt (Syst. Teil, S. 355), für die radiären Skelettteile der Cölodendriden gelten. Es scheint ja an unser Vorstellungsvermögen eine außerordentliche Zumutung gestellt zu werden, wenn wir uns die Entstehung der reich und gesetzmäßig verzweigten Dendriten und Griffel beispielsweise eines *Coeloplegma* (Taf. LXVI, Fig. 496) oder *Coelanthemum* (Taf. LXVIII, Fig. 507) in der Weise denken sollen, daß eine „häutige Stachelanlage" von der Gestalt einer länglichen, plasmaumhüllten Gallertvakuole gewissermaßen blitzartig nach allen Richtungen, aber in bestimmter Folge und nach bestimmten Größen- und Verzweigungsverhältnissen ihre Primär-, Sekundär- und Tertiäräste ausbreitet. Auch mag es vorläufig als eine Hyothese von sehr geringer Erklärungskraft erscheinen, wenn wir annahmen, daß alle diese komplizierten Gesetzmäßigkeiten in der Verzweigung des Cölodendridenskelettes in letzter Linie in der specifischen Konstitution, im hypermolekulären Aufbau des Plasmas der Vakuolenhaut begründet sein müssen.

Und doch bleibt, soviel ich sehe, kein anderer Ausweg übrig. Ein Versuch, die Gerüstbildungsvorgänge nach dem Vorgang von Dreyer unmittelbar auf die Kräfte und Gesetze der Flüssigkeitsmechanik zurückzuführen, versagt ja bei den Cölodendriden und überhaupt bei allen höher organisierten Tripyleen vollständig. Selbst wenn man zugiebt, daß die Verhältnisse verwickelter sein müssen, als bei allen anderen Radiolarien, und daß „der Stoffaustausch zwischen den verschiedenen Partien des Sarkodekörpers und zwischen diesem und dem umgebenden Medium stärker und reger sein wird und Schichtenbildung, Diffusionsströmungen, Entmischungsvorgänge, Tropfenausscheidung und Blasenbildung, lokale und totale Schwankungen der Oberflächenspannung etc. etc. in der mannigfachsten Weise ineinander greifen" (Dreyer, 1892, S. 402), selbst dann wird man ja, wie bereits oben (S. 588) ausgeführt worden ist, auch von der Unterlage der Dreyer'schen Hypothese aus unmittelbar vor die „große physiologische Unbekannte", vor das Rätsel der specifischen Konstitution des formgestaltenden Protoplasmas geführt.

Nun weisen aber gerade die immer wieder citierten Einzelbefunde aus dem normalen und abnormen Entwicklungsvorgange der Cölodendriden und aus demjenigen vieler bedeutend einfacher

gebauter Tripyleen mit Bestimmtheit darauf hin, daß schon die Unterlage und der Ausgangspunkt der DREYER'schen Hyothese wenigstens bei den Tripyleen verlassen werden muß und daß die Gestalt des Tripyleenskelettes nicht durch die Umgebung, durch ein als Gußform dienendes Negativ bedingt sein kann, sondern nur durch specifische Potenzen, die in der Stachelanlage selber gelegen sind und in charakteristischen intracellulären Wachstums- und Sprossungsvorgängen zum Ausdruck kommen. Indem es wahrscheinlich gemacht wurde, daß auch für die am höchsten specialisierten Cölodendridenskelette diese Verhältnisse Gültigkeit haben, scheint mir doch wenigstens ein kleiner Fortschritt in der Erkenntnis angebahnt zu sein, auch wenn wir uns vom Boden unserer heutigen Kenntnisse aus den Entwicklungsverlauf im einzelnen nicht auszudenken vermögen.

Im übrigen würden ja die hier vermuteten Vorgänge und Beziehungen keineswegs ganz isoliert und ohne Analogien dastehen. Erinnern wir uns zunächst daran, daß die kompliziert gebauten Griffel einer *Coelographis* oder eines *Coelanthemum* durch alle Uebergänge mit den regelmäßig dichotomisch verzweigten Dendriten anderer Formen verbunden sind und daß nicht selten beide Bildungen, sei es in Form individueller Abweichungen, sei es abnormerweise, vikarierend füreinander eintreten können (vergl. Syst. Teil, S. 345 f.), so daß also ein prinzipieller Unterschied in der Entstehungsweise der beiden Extreme jedenfalls nicht angenommen werden kann! Nun giebt es aber doch Bildungen im Tierreich, die ungefähr die Organisationshöhe der Dendriten von *Coelodendrum* haben, zum Teil wohl etwas höher stehen, und für welche mit Bestimmtheit ein freies, von äußerer mechanischer Beeinflussung vollkommen unabhängiges Wachstums- und Sprossungsvermögen angenommen werden muß, wenn wir auch leider noch nicht die Vorgänge im einzelnen, die Zahl der beteiligten Zellen u. s. w. kennen. Es sei nur an manche Arthropodenhaare, z. B. an die gefiederten Borsten eines *Calocalanus pavo* oder *plumulosus*, eines *Eucalanus* oder *Augaptilus* erinnert (vergl. GIESBRECHT, 1892, Taf. III, Fig. 1, 3, 5; Taf. IV, Fig. 15). Von derartigen Strukturen sind aber, wie mir scheint, auch die am meisten differenzierten Cölodendridenskelette nur graduell verschieden, und, wenn auch natürlich die Mittel der Formbildung in beiden Fällen nicht genau die nämlichen sind, so darf man sie doch wohl unbedenklich als Analogien betrachten.

Skelettbildung der Aulosphäriden und Sagosphäriden.

Die großenteils aus regelmäßigen, gleichseitig-dreieckigen Maschen zusammengesetzten Gitterschalen der Aulosphäriden und Sagosphäriden gehören zu denjenigen Tripyleenskeletten, deren Entstehung vom Boden der mechanischen Gerüstbildungslehre DREYER's aus schlechterdings nicht begreiflich ist. Abgesehen von den Achsenfäden und anderen feineren Strukturverhältnissen, welche speciell die Aulosphäridenskelette aufweisen und deren Entstehung nur mittelst einer Reihe von Hilfsannahmen erklärt werden könnte, müßte als Ausgangspunkt für die hexagonale Struktur der Gitterschalen eine Anordnung der formbestimmenden Alveolen angenommen werden, welche vollkommen außerhalb der Regeln der Blasenmechanik steht. In der That weisen denn auch eine Reihe von Einzelbefunden, insbesondere auch die gerade bei dieser Gruppe sehr häufigen teratologischen Vorkommnisse, mit Bestimmtheit darauf hin, daß bei der Genese des Aulosphäriden-

und Sagosphäridenskelettes im wesentlichen die nämlichen Bildungsfaktoren eine Rolle spielen wie bei der Entstehung der Aulacanthidenstacheln.

Von Wichtigkeit dürfte vor allem die Beantwortung der Frage sein, ob überhaupt die Aulosphäriden- und Sagosphäridenskelette bei der entwicklungsgeschichtlichen Betrachtung zusammengefaßt und ob etwa die einen als ontogenetische Durchgangsstufen der anderen betrachtet werden dürfen. Auf den ersten Anblick scheint es, als ob die Sagosphäriden mit ihren massiven, in den Knotenpunkten verschmolzenen Skelettbalken (S. 488, Textfig. 114), wie dies auch Haeckel meint, einen primitiveren Typus darstellen als die Aulosphäriden mit ihren hohlen, von einem Achsenfaden durchzogenen und durch kunstvolle Gelenke miteinander verbundenen Kieselröhren (S. 486, Textfig. 111). Indessen ergiebt sich aus einigen Befunden mit größter Wahrscheinlichkeit, daß das Gegenteil richtig ist. Ein entscheidendes Bild (Taf. XLVIII, Fig. 368; Textfig. 180) hat insbesondere das Skelett einer antarktischen *Sagenoarium*-Art geliefert, welches hinsichtlich der Beschaffenheit der Knotenpunkte durchaus den Charakter einer Sagosphäride aufwies, dabei aber zahlreiche hohle, von einem Achsenfaden durchzogene Skelettbalken und Radialstacheln besaß. Allerdings kommt es auch vor, daß umgekehrt Aulosphäridenskelette in einzelnen Knotenpunkten Anklänge an die Sagosphäriden zeigen (Textfig. 175), indessen kann es bei einem Vergleich aller Vorkommnisse kaum einem Zweifel unterliegen, daß die ersterwähnte Aberration von *Sagenoarium* mit ihren an *Aulosphaera* erinnernden Charakteren eine Hemmungsbildung oder auch eine normale Durchgangsphase und nicht etwa eine progressive Weiterbildung darstellt und daß also die typischen Sagosphäridenskelette durchweg einen aulosphäroiden Zustand passieren, während andererseits solche Aulosphäridenskelette, welche Anklänge an die Sagosphäriden zeigen, viel eher den Charakter von eigentlichen Monstrositäten haben. Alles in allem würden also die Aulosphäriden gegenüber den Sagosphäriden als jugendlichere Typen zu betrachten sein, ebenso wie z. B. innerhalb der Familie der Aulacanthiden hohle Terminalbildungen einen ursprünglicheren Charakter haben als massive, und ferner darf behauptet werden, daß die Skelette der Aulosphäriden und Sagosphäriden die gleichen ontogenetischen Anfangsstufen durchlaufen.

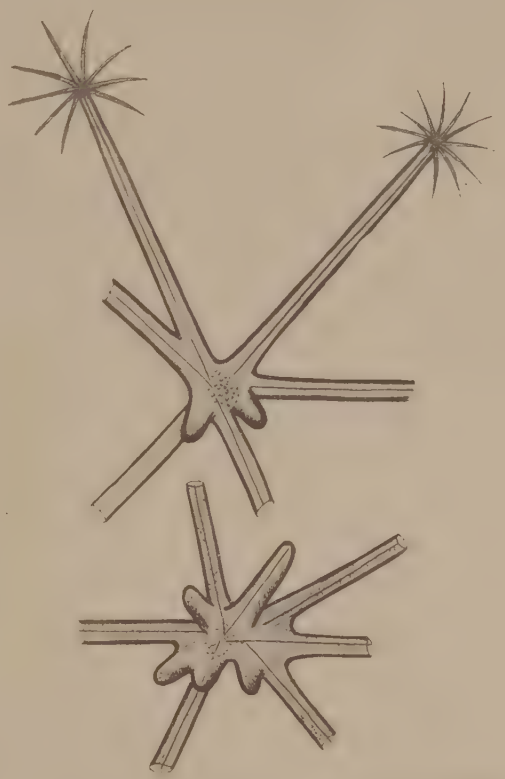


Fig. 180. Knotenpunkte aus einem unfertigen Skelett von *Sagenoarium anthophorum* n. sp.

Speciell für die Aulosphäriden bin ich ferner auf Grund einer vergleichenden Betrachtung aller Abnormitäten zu dem Ergebnis gelangt, daß die einzelnen Tangentialbalken, sowie die Radialstacheln, ähnlich wie die Aulacanthidennadeln, ihrer ersten Anlage nach als selbständige Skelettelemente zu betrachten sind, und ferner, daß ihre Größe und Anordnung durch die

zuerst abgeschiedenen Achsenfäden oder Primitivnadeln bestimmt wird. Die Gründe, welche mir für diese Anschauungen zu sprechen scheinen, sind im Systematischen Teil (S. 105 ff.) ausführlich erörtert worden, hier sei nur auf die überzähligen, versprengten, mit dem Gitterwerk nur lose zusammenhängenden Skelettelemente hingewiesen, welche mit Bestimmtheit für eine relativ unabhängige Entstehung der einzelnen Skelettteile sprechen (Taf. XLV, Fig. 341, 342 u. a.), und andererseits auf gewissse abnorme, „schienengeleisähnliche" Gitterwerke, bei denen die Wandung der Tangentialröhren durch vorspringende Achsennadeln vielfach ausgebuchtet und ausgezogen ist (Textfig. 181 *a*—*c*). Hier wird man kaum die Annahme umgehen können, daß die Achsenfäden oder Primitivnadeln die eigentlich formbestimmenden Elemente darstellen.

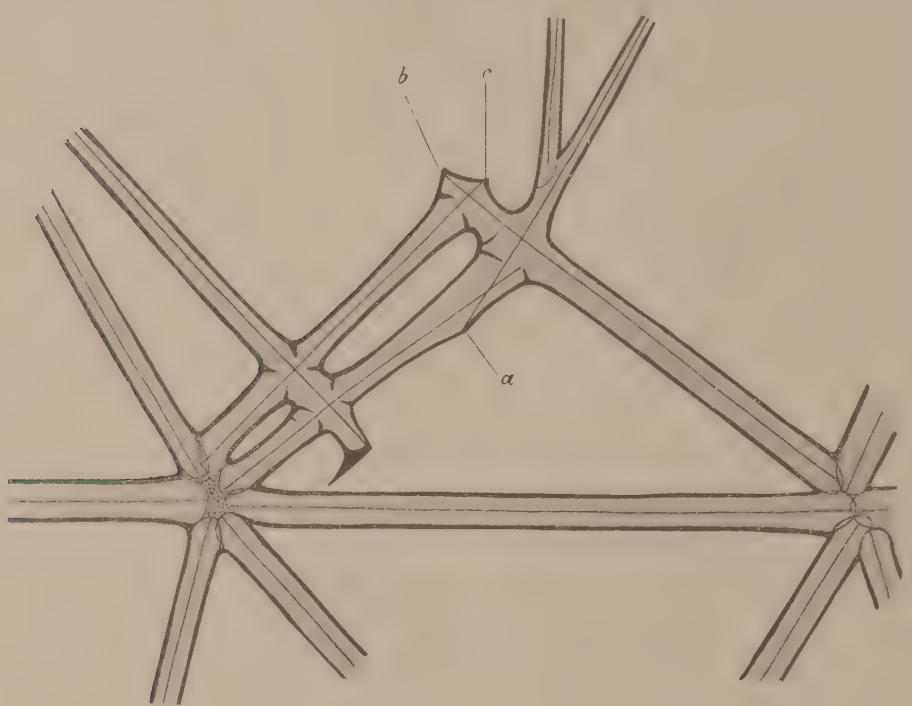


Fig. 181.

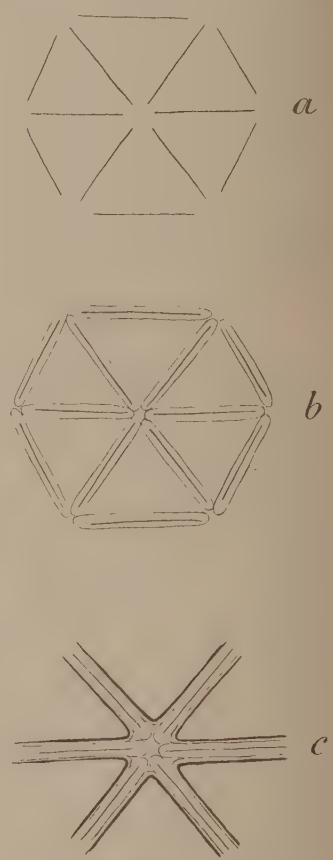


Fig. 182.

Fig. 181. Partie aus einem monströsen *Auloscena*-Skelett. Bei *a*, *b*, *c* Vorstülpungen der primären Kiesellamelle, durch die vorspringenden Enden der Primitivnadeln hervorgerufen.
Fig. 182. Entstehung des Aulosphäridenskelettes schematisch.

So gelangt man zunächst zu folgender Auffassung bezüglich der Entstehung eines *Aulosphaera*-Skelettes (Textfig. 182): In einer oberflächlichen Schicht des Weichkörpers werden zunächst die Primitivnadeln und zwar wahrscheinlich als außerordentlich feine, hohle Fäden abgeschieden. Diese haben entweder von vornherein eine regelmäßige Anordnung oder werden erst nach ihrer Abscheidung durch richtende Centren (s. unten) in bestimmter Weise orientiert (Textfig. 182 a). Um die Primitivnadeln herum scheiden sich dann Gallertvakuolen ab (Textfig. 182 b), ebenso wie sich bei *Aulokleptes* oder *Aulodendron* um die aufgenommenen Diatomeengehäuse zunächst Vakuolen bilden müssen und ebenso wie im Phäodium der Tripyleen um die als Nahrung

dienenden Fremdorganismen die Phäodellen in Gestalt von Schleimvakuolen abgeschieden werden. Man wird sich zu denken haben, daß zwischen den Kieselnadeln oder Kieselröhrchen und der sie umgebenden Matrixschicht Gallerte secerniert wird und daß diese Gallerte momentan aufquillt, so wie etwa die Gallerte zwischen der Dotterhaut und dem Eikörper des befruchteten Seeigeleies zum raschen Aufquellen kommt. Die Matrixschicht wird nun zur Vakuolenhaut, worauf von seiten dieser die Kieselwandung der Tangentialbalken und Radialstacheln abgeschieden wird. Ueber das Wesen und den Verlauf dieses letzteren Prozesses bin ich zurzeit nicht imstande, Genaueres zu sagen, nur weist die Beschaffenheit der „Gelenkkapseln", durch welche in jedem einzelnen Knotenpunkte die benachbarten Tangentialbalken miteinander verbunden werden (S. 486, Textfig. 111), darauf hin, daß die Lamellenbildung wenigstens in der nächsten Nähe der Knotenpunkte in zwei Etappen vor sich geht (Textfig. 182 c).

Es fragt sich noch, was man sich unter den „richtenden Centren" vorzustellen hat. Bei einem Versuch, die regelmäßige Stachelanordnung und die Achsendifferenzierung gewisser Radiolarien zu erklären, hat Dreyer (1892, S. 410) angenommen, daß sich zwischen den Pseudopodien ein „Kampf ums Dasein" abspielt und daß Hand in Hand damit die Verringerung der Pseudopodienzahl so lange weiter geht, „bis eine Anzahl gleich starker, von gleich großen Gebieten umgebener, also möglichst weit voneinander entfernter Pseudopodien resultiert, mit einem Worte, bis das Gleichgewicht hergestellt ist". Durch die Lage der übrig gebliebenen Hauptpseudopodien ist die Anordnung der von ihnen gebildeten Radialstacheln bedingt. In Anlehnung an diese Hypothese Dreyer's könnte man sich denken, daß bei der Bildung des Aulosphäridenskelettes die Durchschnittspunkte der Pseudopodien mit der äußeren Sarkodeschicht zu den Knotenpunkten der Gitterschale werden, daß also die Zahl und Anordnung der Gitterknoten in letzter Linie durch einen Konkurrenzkampf der Pseudopodien bestimmt wird. Indessen müßten in diesem Falle, wie nicht näher ausgeführt werden soll, für eine ganze Reihe von Erscheinungen Hilfsannahmen gemacht werden, so für die nicht-sphärischen (birn- und spindelförmigen) Gehäusetypen, für die Schalen der Sagenoscenen und Sagenoarien mit zwei übereinander liegenden Etagen von Knotenpunkten u. s. w.

Vielleicht darf man daher auch an die Möglichkeit denken, daß die „richtenden Centren", nach welchen sich die Achsenfäden der Tangentialbalken und Radialstacheln orientieren, den Wert von centralkörperlosen oder centralkörperhaltigen „Attraktionssphären" haben, wie sie bei zahlreichen Protozoen zur Beobachtung gelangt sind. Dieser Gedanke liegt, wie mir scheint, deshalb nahe, weil bekanntlich bei Heliozoen *(Acanthocystis)* die Achsenfäden der Pseudopodien (Axopodien), also gewissermaßen die Homologa der radiären Skelettelemente der Radiolarien, sich ebenfalls in einem Centralkorn vereinigen, welches sich bei der Teilung wie ein Metazoencentrosom verhält (Schaudinn, 1896). Danach würde man sich vorzustellen haben, daß die richtenden Centren sich auf Grund eines multiplen Teilungsprozesses, ähnlich dem Zweiteilungsprozeß der Attraktionssphären, bezw. der Centralkörper, vermehren und sich unter gegenseitiger Abstoßung in der Oberflächenschicht des Weichkörpers gleichmäßig verteilen. Daß die Skelettknotenpunkte, welche nunmehr in diesen richtenden Centren ihre Entstehung nehmen, ganz bestimmte Gleichgewichtslagen, nämlich vorzugsweise die Dreiecks- und Viereckssstellung einnehmen (Syst. Teil, S. 107), würde sich dann als eine natürliche Folge der gegenseitigen Abstoßung der richtenden Centren ergeben.

Welche der beiden Annahmen die größere Wahrscheinlichkeit für sich hat, möchte ich nicht weiter diskutieren. Möglicherweise sind ja alle derartigen Versuche, die Entstehung und regelmäßige Anordnung der Knotenpunkte der Gitterschalen auf einfachere, „bekannte" Erscheinungen zurückzuführen, von vornherein illusorisch, und wir stehen bereits unmittelbar vor promorphologischen Verhältnissen, welche der direkte Ausdruck der specifischen Konstitution der Sarkode sind. Nur das Experiment würde im stande sein, diese Fragen der Entscheidung näher zu bringen.

Die Untersuchungen über die Entwicklung des Aulosphäriden- und Sagosphäridenskelettes haben so wenig, wie die an den Aulacanthiden gemachten Beobachtungen zu einer vollkommenen Klarlegung der Ontogenese geführt. Immerhin darf wohl als feststehend betrachtet werden, daß auch das Aulosphäriden- und Sagosphäridenskelett seine Entstehung einer Anzahl teils aufeinanderfolgender, teils zusammenwirkender Einzelprozesse verdankt und daß es sich dabei im wesentlichen um die nämlichen Grundvorgänge handeln dürfte, wie bei der Entwicklung der Aulacanthidennadeln. Nur war anzunehmen, daß die Bildung der ersteren von der Abscheidung feiner Primitivnadeln ihren Ausgang nimmt, und ferner daß richtende Centren irgendwelcher Art eine Rolle spielen. Indessen ist der Unterschied vielleicht nicht so groß, wie es auf den ersten Anblick erscheint: denn auf der einen Seite finden sich ja auch bei den Aulacanthiden im Tangentialmantel und in den Stachelhülsen (Syst. Teil, S. 12) Gebilde, die den Charakter der Primitivnadeln besitzen, und im Hinblick auf die Verhältnisse bei *Aulokleptes* und *Aulodendron* ist es sogar nicht ganz ausgeschlossen, daß auch bei der Stachelbildung der Aulacanthiden „Primitivnadeln" eine vorübergehende Rolle spielen, auf der anderen Seite kennen wir ja wenigstens einige Aulacanthiden, bei welchen die Radialstacheln und damit die Durchschnittspunkte dieser letzteren und des Tangentialmantels eine mehr oder weniger bestimmte Orientierung haben und bei denen also ebenfalls Lokalisationen und orientierende Kräfte irgend welcher Art anzunehmen sind (vergl. *Aulokleptes ramosus angulatus*, Taf. IV, Fig. 37).

Ein ähnlicher Entwicklungsverlauf, wie für das Aulosphäriden- und Sagosphäridenskelett, muß auch für die Cannosphäriden angenommen werden (Taf. XV, Fig. 144, S. 489, Textfig. 115), nur daß hier mit Rücksicht auf die alternierende Besetzung der Knotenpunkte mit Radialstacheln und mit Radialbalken, auf die Ausstattung der Tangential- und Radialbalken mit Ankerfädchen, sowie auf die Beschaffenheit der inneren Schale Einzelprozesse komplizierterer Art vorausgesetzt werden müssen. Abgesehen von den stachellosen Varianten (Taf. XIV, Fig. 143) fehlen mir indessen Bilder, welche für die Beurteilung der ontogenetischen Vorgänge von irgend welcher Bedeutung sein könnten.

Auch für die gemeinsamen Gitterschalen der koloniebildenden Tuscaroriden muß eine homologe Entstehung angenommen werden, indessen fehlen auch hier bis jetzt ontogenetische und teratologische Bilder.

Die Skelettbildung der Castanelliden.

Es war für mich eine große Ueberraschung, bei zahlreichen Castanellidenskeletten Hinweise darauf zu finden, daß die einfache, von rundlichen Poren durchbrochene Gitterschale der Casta-

nelliden (Textfig. 183) den nämlichen komplizierten Entwicklungsvorgängen ihre Entstehung verdankt wie das Skelett der Aulosphäriden mit seinen geraden, hohlen, von Achsenfäden durchzogenen, meist in Form von regelmäßigen trigonalen Maschen verbundenen Tangentialbalken, ja daß man sogar, ontogenetisch betrachtet, die Gitterschale der Castanelliden gegenüber dem Aulosphäridenskelett in einer Hinsicht eher als eine höhere Organisationsstufe zu betrachten hat. Es waren namentlich einige antarktische Tiefseestationen, welche von mehreren *Castanidium*-Arten neben anscheinend normalen ontogenetischen Stadien überaus zahlreiche Aberrationen und Monstrositäten geliefert haben, die vielfach weitgehende Anklänge an die Strukturverhältnisse des Aulosphäridenskelettes zeigten. Andererseits kam mir am Schlusse meiner Untersuchungen ein *Aulosphaera*-Skelett zu Gesicht, welches in einzelnen Knotenpunkten wesentliche Charaktere der Castanellidenschale erkennen ließ (S. 599, Textfig. 175 bei *b*).

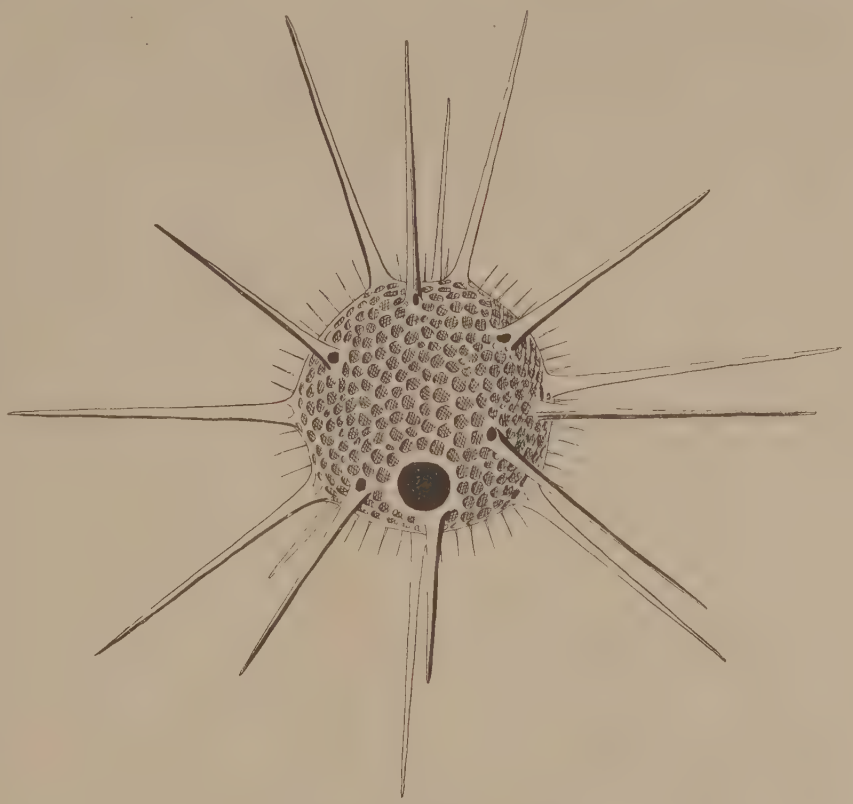


Fig. 183. *Castanidium sol* n. sp.

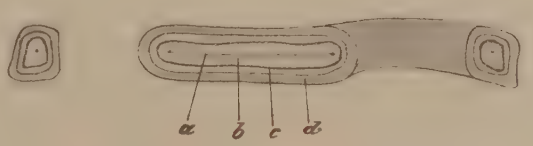


Fig. 184. Schnitt durch eine noch weichhäutige Schale von *Castanidium* sp. *a* Primitivnadeln, *b* die geschrumpfte Gallerte, *c* die Vakuolenhaut oder Matrixschicht, *d* die noch häutige Grenzlamelle.

Unter jenen antarktischen Castanellidengehäusen befanden sich zunächst „weichhäutige" Formen mit stark färbbarer Schale. Häufig, namentlich auf Schnittbildern (Textfig. 184), war an diesen Schalen eine deutliche Struktur zu erkennen, nämlich ein System von feinen Achsennadeln, welche durchaus den Primitivnadeln der Aulosphäridenschale entsprechen und die Mitte der Gitterbalken einnehmen (Textfig. 184 *a*); ferner die noch färbbare, plasmolytisch geschrumpfte Füllgallerte *(b)*, welche von einer dunkler tingierten Vakuolenhaut *(c)* umgeben war, und eine ebenfalls noch färbbare Grenzlamelle oder Rinde *(d)*, in welcher offenbar noch keine Kieselsubstanz abgelagert war. Relativ häufig fanden sich sodann Stadien, welche ebenfalls noch eine färbbare Beschaffenheit der Skelettteile aufwiesen, daneben aber bereits poröse Kieselein-

lagerungen erkennen ließen (Textfig. 185). In der färbbaren Achse der Balken waren in der Regel noch die Primitivnadeln deutlich zu erkennen (Textfig. 185 *c*); in einigem Abstand folgte ein hohler, opak oder porös erscheinender Kieselcylinder, welcher mit der sekundären Füllsubstanz der Aulacanthidennadeln zu vergleichen ist *(b)*, während die Grenzlamelle in der Regel, wenn auch nicht immer, homogen verkieselt war und in Oberflächenansicht als ein schmaler, heller, die Poren umfassender Saum erschien *(a)*.

An diesen weichhäutigen und halbverkieselten Skeletten waren vielfach Abnormitäten verschiedener Art, insbesondere verkümmerte Radialstacheln (Taf. XXXVIII, Fig. 291), zu beobachten, und außerdem traten neben ihnen zahlreiche ausgesprochene Monstrositäten auf, so birnförmige Gehäuse mit seitlicher Pylomöffnung (Taf. XL, Fig. 295), Gehäuse mit mehreren Pylomöffnungen (Taf. XL, Fig. 295a), ferner solche mit doppeltem Gitterwerk (Taf. XXXVIII, Fig. 289), mit verkrüppelten Radialstacheln (Taf. XXXVI, Fig. 275, 276), ganz stachellose Formen (Taf. XXXVI, Fig. 277) u. s. w. Es steht deshalb nicht fest, ob jene weichhäutigen Exemplare wirklich normale Entwicklungsstadien oder ob sie Hemmungsbildungen darstellen, jedenfalls weisen sie aber mit Sicherheit darauf hin, daß in den Anfangsphasen der Ontogenese die Castanellidenschale die nämliche Gliederung zeigt und ihre Entstehung den nämlichen Entwicklungsfaktoren und Einzelprozessen verdankt, wie das Aulosphäridenskelett, und dieser Eindruck wird noch verstärkt durch solche Bilder, bei welchen die genannten Einzelstrukturen eine augenfällig geradlinige, wagenspurähnliche Anordnung zeigen (Taf. XL, Fig. 299, 299a, 299b; Textfig. 186) und so an jene schienengeleisartigen Mißbildungen von *Aulosphaera* erinnern, von welchen früher die Rede war (Textfig. 181).

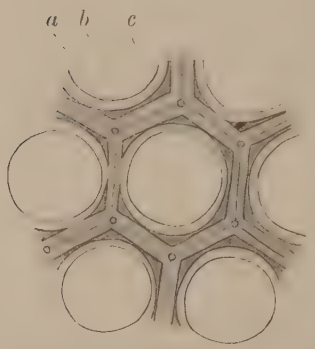


Fig. 185. Halbverkieselte Schale von *Castanidium*. *a* Grenzlamelle oder Rinde, *b* sekundäre Kieselsubstanz, *c* Primitivnadeln.

Faßt man alle genannten Bilder und außerdem die unzweideutig monströsen Vorkommnisse zusammen, so gelangt man zu dem Ergebnis, daß auch die Castanellidenschale einer Kombination von rasch verlaufenden Sekretions-, Quellungs- und Verkieselungsprozessen ihre Entstehung verdankt, also jedenfalls nicht als eine simultan entstandene Gußmasse im Sinne der DREYERschen Hypothese aufgefaßt werden kann. Als die aufeinander folgenden Elementarprozesse möchte ich dabei betrachten: die Abscheidung der feinen Primitiv- oder Achsennadeln und ihre Orientierung unter der Wirkung richtender Centren (der späteren Knotenpunkte der Gitterschale); die Bildung cylindrischer, gallertiger, die Achsennadeln umschließender und in den Knotenpunkten zusammenfließender „Vakuolen“; einen primären Verkieselungsprozeß, welcher von der die Vakuolen umhüllenden Sarkodehaut (Vakuolenhaut) seinen Ausgang nimmt und zur Bildung der Grenzlamellen (der primären Kieselrinde, Textfig. 185a) führt; einen sekundären und wohl noch einen tertiären Verkieselungsprozeß, welche sich auf die weichen Teile der Balkenmitten (die Markschicht) erstrecken, und von welchen der erstere zunächst zur Bildung hohler, poröser, porzellanartiger Kieselcylinder (Textfig. 185b) führt, der letztere mit der vollkommenen Ausfüllung der Balkenmitten und der Einschmelzung (Amalgamierung) der Achsenfäden abschließt. Nicht selten sieht man übrigens auch Individuen, bei welchen das ganze Balkenmark gleichmäßig von einer porösen, porzellanartigen Masse gebildet

wird, deren Beschaffenheit im Canadabalsampräparat in den mit Luft durchtränkten Schalenpartien (Textfig. 187, links unten) deutlich hervortritt, während in den luftleeren, homogen erscheinenden Schalenteilen vielfach die Achsennadeln zur Ansicht kommen. Die Skelette solcher Exemplare zeigen in ihrer Struktur eine große Uebereinstimmung mit den Tuscaroren- und Circoporiden-Gehäusen.

Gegenüber den Aulosphäridenskeletten treten hauptsächlich zwei Unterschiede hervor, nämlich die mehr unregelmäßige Anordnung der richtenden Centren und die mangelnde Selbständigkeit der einzelnen Skelettelemente. Die letztere Eigentümlichkeit ist wohl so zu erklären, daß die um die Primitivnadeln gebildeten Gallertvakuolen gleich bei ihrer Entstehung in den Knotenpunkten zusammenfließen. Wenn dann die Verkieselung stattfindet, so setzt sich die primäre Kieselrinde als eine kontinuierliche Schicht von einem Balken auf den anderen fort, und da, im Gegensatz zu den Aulosphäriden, gewöhnlich noch eine sekundäre und tertiäre Verkieselung hinzukommt, so erscheinen die Balken der Castanellidenschale schließlich als massive, in gleichmäßiger Krümmung (ohne scharfe Winkel) ineinander übergehende Gebilde.

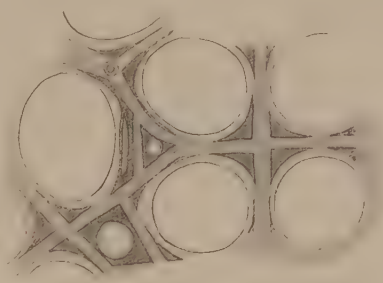


Fig. 186. Halbverkieselte Schale von *Castanidium* mit schienengeleisähnlichen Strukturen.

Daß aber keine prinzipiellen Gegensätze zwischen der Entstehung der Castanellidenschale und derjenigen des Aulosphäridenskelettes bestehen, darauf weisen, worauf nochmals aufmerksam gemacht werden soll, einerseits die Castanellidenschalen mit mehr oder weniger geradlinigen, wagenspurähnlichen Strukturen hin (Textfig. 186), andererseits das wiederholt besprochene *Aulosphaera*-Skelett, bei welchem einzelne Knotenpunkte infolge Zusammenfließens der Tangentialbalken den abgerundeten Charakter eines Knotenpunktes von *Castanidium* erhalten haben (Textfig. 175 b). Diese Abnormitäten, durch welche die Strukturverschiedenheiten zwischen der Castanellidenschale und dem Aulosphäridenskelett wesentlich ausgeglichen werden, zeigen im übrigen, daß der im fertigen Zustand sehr beträchtlich erscheinende Unterschied in erster Linie zurückzuführen ist auf eine verschiedene Oberflächenspannung der Vakuolenhäute. Die Beschaffenheit der Vakuolenhaut bedingt im einen Fall, bei den Aulosphäriden, ein Selbständigbleiben, im anderen, bei den Castanelliden, ein Zusammenfließen der Gallertvakuolen vor Eintritt der Verkieselung, eine Verschiedenheit, auf welche weiter unten nochmals eingegangen werden soll.

Geschlossene Schalen vom Tuscaroren- und Challengeridentypus[1]).

Während die isolierten Kieselröhren der Aulacanthiden, die regelmäßigen Gitterwerke der Aulosphäriden und Sagosphäriden und die porendurchbrochenen Schalen der Castanelliden der ontogenetischen Betrachtung einigermaßen zugänglich waren und den Gang der Skelettbildung wenigstens in seinen allgemeinen Zügen erkennen ließen, sah ich mich außer stande, bei zwei

1) Zur Orientierung in systematischer Hinsicht möge kurz daran erinnert werden, daß die Castanelliden, Circoporiden, Tuscaroriden und Porospathiden als Phaeocalpia, die Challengeriden und Medusettiden als Phaeogromia je eine engere Gruppe bilden.

anderen Haupttypen des Tripyleenskelettes einen genaueren Einblick in den Entwicklungsverlauf zu erlangen, nämlich bei der geschlossenen, „porzellanartigen" Tuscarorenschale und bei den Challengeridengehäusen mit ihrer „Diatomeenstruktur". Allerdings liegen mir sowohl von Tuscaroren, wie von Challengeriden häutige, färbbare Skelettzustände vor, aber diese zeigten (wenn es sich nicht, wie z. B. bei einer Tuscaretta, um einen eigentlichen Krüppel handelte) bereits die endgültige Gestalt, und es standen keine Bilder aus dem normalen oder pathologischen Entwicklungsverlauf zur Verfügung, welche auf die während des weichhäutigen Zustandes vor sich gehenden Bildungsvorgänge ein Licht geworfen hätten.

Man wird daher nur die Vermutung aussprechen dürfen, daß wenigstens die porzellanartigen Gehäuse der Circoporiden und Tuscaroriden hinsichtlich ihrer Entstehung in wesentlichen Punkten mit den Schalen der Castanelliden übereinstimmen müssen. Schon die allgemeinen Formverhältnisse, die Beschaffenheit und Insertion der Radialstacheln u. s. w. weisen ja auf eine engere Verwandtschaft dieser drei, von mir in der Unterordnung der Phaeocalpia vereinigten Familien hin (vergl. Syst. Teil, S. 142), und überdies zeigen, wie oben erwähnt wurde, viele Individuen von *Castanidium* (Textfig. 187) auch hinsichtlich der feineren Schalenstruktur eine sehr große Aehnlichkeit mit manchen Circoporiden und namentlich mit den Tuscaroriden: hier wie dort setzt sich die Schale im wesentlichen aus drei Strukturelementen zusammen, nämlich aus der äußeren und inneren Grenzlamelle, der porösen, porzellanartigen Füllsubstanz und aus den tangential gelagerten, feinsten Kieselfäden.

Fig. 187. Schale von *Castanidium* mit Achsenfäden und Porzellanstruktur.

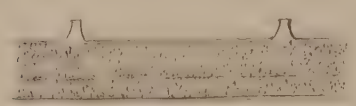


Fig. 188. Durchschnitt durch die Schale von *Circospathis sexfurca*.

Bei den erwähnten Castanidien sind die letzteren etwas unregelmäßig in den Balkenmitten angeordnet (Textfig. 187), bei den Schalen von *Circospathis sexfurca* (Textfig. 188) dagegen, sowie bei den Tuscaroren sind sie innerhalb der porzellanartigen Füllsubstanz in einer einfachen Lage, und zwar näher der inneren als der äußeren Grenzlamelle gelagert. Die Poren der Castanelliden finden überdies in den Basalporen der Circoporidenstacheln ihr unzweifelhaftes Homologon, während allerdings die Porenkanäle der Tuscaroriden nicht ohne weiteres als entsprechende Gebilde betrachtet werden können. Angesichts aller jener strukturellen Uebereinstimmungen wird man in der That von vornherein zu der Auffassung geführt, daß die Schalen der drei genannten Phäocalpienfamilien im wesentlichen auch eine gleichartige Entstehung haben müssen, daß also bei dem Aufbau der Circoporiden- und Tuscaroridenschale nicht bloß die nämlichen Einzelprozesse sich abspielen, wie bei der Entwicklung des Castanellidenskelettes, sondern daß auch die Reihenfolge, in welcher sie ihren Ablauf nehmen, die gleiche ist.

Demnach könnte man zu folgenden, zunächst rein hypothetischen Vorstellungen bezüglich der Entstehung der Circoporiden- und Tuscaroridenschale gelangen. Ebenso wie zahlreiche Bilder dafür sprechen, daß beim Aulosphäridenskelett und wahrscheinlich auch bei der

Castanellidenschale die Entwicklung von den feinen Primitivnadeln ihren Ausgang nimmt, so wäre es denkbar, daß auch bei *Circospathis* und bei den Tuscaroren die rätselhafte, außerordentlich dünne Lage von Primitivnadeln, welche im Verhältnis zur Schalendicke viel zu schwach sind, um eine mechanische Rolle zu spielen, irgend eine entwicklungsgeschichtliche Bedeutung habe. Man könnte also die Ansicht haben, daß auch hier zunächst die Abscheidung der Primitivnadeln stattfindet. Ebenso wie ferner die häutigen Skelettanlagen der Castanelliden und Aulosphäriden wahrscheinlich in der Weise entstehen, daß zwischen den Primitivnadeln und ihrer dünnen Matrixschicht Gallerte zur Abscheidung gelangt und so die ersteren von einem cylindrischen Gallertmantel umhüllt werden, welcher seinerseits von der auseinandergedrängten Matrixschicht (Vakuolenhaut) umgeben ist (Textfig. 184), so könnte man sich denken, daß auch bei den Circoporiden und Tuscaroriden zunächst in Anlehnung an die Primitivnadeln, innerhalb ihrer Matrixschicht, eine Schicht Gallerte abgelagert und daß dann unter Verdickung (? Aufquellung) der letzteren die plasmatische Matrixschicht der Primitivnadeln delaminiert, d. h. in eine Matrix für die äußere und eine für die innere Grenzlamelle gespalten wird. Schließlich würde dann die Gallertschicht, ähnlich dem Balkenmark vieler Castanellidenschalen (Textfig. 187), zu einer feinspongiösen, porösen Füllsubstanz verkieseln.

Ich würde große Bedenken tragen, diese rein hypothetische Darstellung überhaupt vorzulegen, wenn nicht die Anschauungen über die Entstehung des Castanellidenskelettes in sehr zahlreichen Einzelbeobachtungen eine kräftige Stütze finden würden, und wenn nicht a priori für sämtliche Phäocalpien ein im wesentlichen homologer Entwicklungsverlauf angenommen werden müßte. Im übrigen würde die hier vorgeführte Skelettbildungsgeschichte in gutem Einklang mit den freilich durchaus hypothetischen Vorstellungen stehen, zu welchen Dreyer (1892, S. 209 ff.) bezüglich der Bildung der Thalamophorenschale gelangt ist. Dreyer nimmt nämlich an, daß bei den Thalamophoren die primäre chitinige Cuticulaschale, unter Zwischenlagerung von kohlensaurem Kalk, in ein äußeres und ein inneres Schalenhäutchen gespalten wird und daß das Dickenwachstum und die Schichtung der Schale auf eine successive, vom äußeren Schalenhäutchen ausgehende und nach innen gerichtete Abspaltung organischer Lamellen zurückzuführen ist.

In welcher Weise die Poren der Tuscaroren zu stande kommen, darüber habe ich mir keine bestimmten Vorstellungen gebildet. Man wird wohl sagen dürfen, daß sie in morphologischer Hinsicht wahrscheinlich nicht ohne weiteres den Poren der Castanellidenschalen und den Basalporen der Circoporiden- und Tuscarorenstacheln gleichzustellen sind, daß sie vielmehr Bildungen mehr sekundärer Art darstellen oder aber den einfacheren Poren der Challengeriden homolog sind. Möglicherweise sind, wie dies von Dreyer für andere Formen angenommen würde, bei ihrer Bildung die Pseudopodien in mehr oder weniger mechanischer Weise beteiligt.

Ebensowenig bestimmte Angaben, wie über die Entstehung der Circoporiden- und Tuscaroridenschale, vermag ich über die Skelettbildung der Phäogromien, also der Challengeriden und Medusettiden, zu machen. Allerdings wurden speciell bei *Challengeria Naresi* ebenfalls weichhäutige, färbbare Schalenstadien mit weichem, im Präparat geschrumpftem oder gefälteltem Peristom gefunden, aber auch hier besaß die Schale schon die definitive Form und Struktur, trotzdem in einzelnen Fällen die Beschaffenheit der Centralkapsel und des Kernes mit Sicherheit darauf hinwies, daß es sich thatsächlich um ganz junge und zwar um normale Entwick-

lungsstadien handeln mußte. So ist man denn auch bezüglich der Entstehungsgeschichte der Challengeriden- und Medusettidenschalen vorläufig nur auf Vermutungen angewiesen.

Im Hinblick auf die eigenartige „Diatomeenstruktur" der meisten Challengeriden könnte man zunächst sehr wohl an die Möglichkeit denken, daß der Bildungsmodus einer Challengeridenschale fundamental verschieden von demjenigen der Phäocalpiengehäuse, insbesondere der Castanellidenschalen sei. Indessen ist darauf hinzuweisen, daß sich doch auch viele morphologische Berührungspunkte zwischen den Phäogromien und Phäocalpien vorfinden, so daß auch bezüglich der Entstehungsgeschichte ihrer Skelette keine prinzipiellen Unterschiede zu erwarten sind. Es sei hier in erster Linie an die *Circocastanea margarita* erinnert, eine neue Form, welche zweifellos zu den Castanelliden gehört, bei welcher sich aber außer den gewöhnlichen Poren im Umkreis der Radialstacheln kranzförmig gestellte, vollkommen abgeschlossene Porenräume vorfinden, welche sehr an die „Kämmerchen" der Challengeriden erinnern (Textfig. 189). Auf der anderen Seite möge hier eine bisher nicht bekannte Challengeride Erwähnung finden, von der ein Schalenbruchstück in T.-St. 149 innerhalb des Phäodiums einer *Aulographis pandora* gefunden wurde, und welche durch ganz außerordentlich große, an die Poren der Castanelliden erinnernde Kämmerchen ausgezeichnet ist (Textfig. 190).

Fig. 189. Schale von *Circocastanea margarita* n. sp.

Fig. 190. Durchschnitt durch die Schale einer neuen Challengeride aus T.-St. 149.

Ganz sicher ist es aber, daß folgende Strukturformen der Phäogromien und Phäocalpien einander homolog sind:

dünne Challengeridenschalen mit einer einfachen Lage von kleinen, geschlossenen Kämmerchen („Diatomeenstruktur" s. str.; *Challengeria xiphodon*, Taf. XLIX, Fig. 378); derbwandige Challengeridenschalen mit strichförmigen (zum Teil beiderseits offenen) Porenkanälen („Palissadenstruktur"; *Challengeria Naresi*, Taf. XLIX, Fig. 377); Peristombildungen der Challengeriden mit cylindrischen Porenkammern (Taf. XLIX, Fig. 377);

dünne Medusettidenschalen mit einer einfachen Lage von kleinen, geschlossenen Kämmerchen („Diatomeenstruktur"; *Medusetta inflata*, Taf. LIII, Fig. 437); derbwandige Medusettidenschalen mit strichförmigen Porenkanälen („Palissadenstruktur"; *Euphysetta amphicodon*, Taf. LIII, Fig. 440; S. 286, Textfig. 32); Peristomkrägen von *Gazelletta, Planktonetta, Nationaletta* und *Atlanticella* mit grobwabiger (spongiöser) Innenstruktur (Taf. LIII, Fig. 432, 433; Taf. LIV, Fig. 444; Taf. LVI, Fig. 451); Radialstacheln von *Planktonetta* u. a. mit kurzcylindrischen Waben (Taf. LVI, Fig. 451); Radialstacheln von *Atlanticella* mit flaschen- oder taschenförmigen Waben (Taf. LIII, Fig. 433);

dünne Circoporidenschalen mit einer einfachen Lage von kleinen geschlossenen Kämmerchen („feinwabige Struktur", „Diatomeenstruktur"; S. 174, Textfig. 17a); dicke Circoporiden- und Tuscaroridenschalen mit poröser Füllsubstanz (S. 174, Textfig. 18; S. 616, Textfig. 188);

Castanellidenschalen mit poröser Füllsubstanz (S. 616, Textfig. 187).

Aus dieser Zusammenstellung geht zunächst mit Sicherheit hervor, daß die Strukturverhältnisse der Phäogromien (Challengeriden und Medusettiden) in der That speciell mit denjenigen der Circoporiden und Castanelliden durch alle denkbaren Uebergänge verbunden sind. Ferner ist leicht zu sehen, daß die Grenzlamellen der Phäogromien denjenigen der Phäocalpien entsprechen, während die Kämmerchen und Porenkanäle der Challengeriden nicht, wie vielleicht vom Boden der DREYER'schen Theorie aus zu erwarten wäre, mit den fensterförmigen Poren der Castanelliden und den Basalporen der Circoporiden zu vergleichen sind, sondern in den kleinsten Wabenräumen der Füllsubstanz der Phäocalpien (Castanelliden, Circoporiden und Tuscaroriden) ihr Homologon haben.

Daraus ist weiter die Annahme abzuleiten, daß die Entstehung des Phäogromienskelettes einen ähnlichen Verlauf nimmt, wie diejenige der Phäocalpienschale, daß also auch bei den Phäogromien innerhalb einer Matrixschicht (primären Schalenhaut) die innere Füllsubstanz der Skelettteile zur Abscheidung gelangt, und zwar bald in Form einer einzigen Lage größerer, gallertiger Tröpfchen (Vakuolen), bald in Form eines plasmatisch- oder vielleicht auch schleimig-gallertigen Schaumes. Durch Einlagerung dieser Substanz wird die Matrixschicht in eine äußere und innere Grenzlamelle gespalten, worauf die Verkieselung sowohl der Grenzlamellen als der Füllsubstanz vor sich geht.

Im einzelnen ist noch folgendes zu bemerken:

Bei den Phäocalpien dürften, wie oben gezeigt wurde, die zarten Primitivnadeln, welche man nicht nur in den Balkenachsen der Castanelliden (Textfig. 187), sondern auch in einem bestimmten Horizonte der Circoporiden- und Tuscaroridenschale (Textfig. 188) findet, den eigentlichen Ausgangspunkt für die Schalenbildung darstellen. Bei den Phäogromien könnte die Schale natürlich sehr gut ohne vorhergehende Abscheidung von Primitivnadeln ihre Entstehung nehmen. Immerhin mag darauf hingewiesen werden, daß sich auch bei ihnen Spuren, bezw. Homologa der Primitivnadeln vorfinden. Als solche sind wohl zu betrachten die fadenförmigen Bildungen, die in der „Embryonalschale" von *Planktonetta* eingeschlossen sind (s. unten, Textfig. 193), und ebenso die „Längsleisten" in den Stacheln von *Planktonetta*, welche an die Achsenfäden der Phäosphärien und Phäocalpien erinnern (Syst. Teil, S. 289 f., Textfig. 33). Es wäre also denkbar, daß auch bei den Phäogromien wenigstens einige Strukturverhältnisse von Primitivnadeln ihren Ausgang nehmen, und dieser Gedanke wird besonders nahegelegt durch die morphologische Uebereinstimmung, welche speciell die gekammerten Medusettidenstacheln mit den abnormerweise ebenfalls gefächerten Tangentialbalken eines aberranten *Aulosphaera*-Skelettes (S. 599, Textfig. 175 bei *e*) zeigen. Bei letzteren könnte angenommen werden, daß die Kammerung in der Weise zu stande kommt, daß die axialen Primitivnadeln nicht simultan und in ihrer ganzen Länge von zusammenhängenden Gallertvakuolen umflossen werden (Textfig. 191 a), sondern daß sich längs der Primitivnadeln einzelne, getrennte Tropfen abscheiden, welche vor Beginn der Verkieselung nicht mehr die genügende Größe erreichen, um miteinander zusammenfließen zu können (Textfig. 191 b, c). In ähnlicher Weise könnte man sich nun denken, daß auch die gekammerten Stacheln der

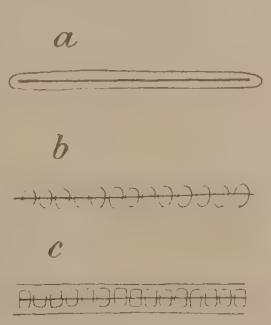


Fig. 191. Entstehung gekammerter Radialstacheln.

Planktonetten von isoliert abgeschiedenen Gallertvakuolen ihren Ausgang nehmen, welche perlschnurartig an der den Primitivnadeln homologen „Längsleiste“ aneinander gereiht sind (Textfig. 191 b).

In vielen Fällen wird unmittelbar nach der Abscheidung der zunächst gallertigen Füllsubstanz der Verkieselungsprozeß einsetzen: sind größere, isolierte Vakuolen gebildet worden, so werden die Vakuolenhäute, ist ein feintropfiger Schaum entstanden, so werden die schleimigen oder plasmatischen Zwischenwände der Verkieselung unterliegen, in ähnlicher Weise, wie dies DREYER in seiner Hypothese vermutet. In anderen Fällen ist aber anzunehmen, daß die Gallerttröpfchen, ehe es zur Verkieselung der Vakuolenhäute oder der Zwischenwände kommt, infolge von Wachstums- und Dehnungsprozessen nachträgliche Formveränderungen erfahren können. Wenn z. B. innerhalb der häutigen Anlage einer Challengeridenschale eine einfache Schicht rundlicher Tröpfchen zur Abscheidung gelangt ist und auf diese Weise eine Spaltung der Matrixschicht in zwei Grenzlamellen stattgefunden hat, so kann bei weiterem Auseinanderweichen der Grenzlamellen (d. h. also bei zunehmendem Dickenwachstum der Schalenanlage) eine passive Streckung der sich vergrößernden Vakuolen erfolgen, so daß die strichförmigen Porenkanäle der dickschaligen Formen zu stande kommen. Oberflächenspannungs- und Kohäsionsverhältnisse besonderer Art könnten dann bewirken, daß sich ein Durchbruch der Vakuolen durch die gedehnten und verdünnten Grenzlamellen vollzieht, so daß schließlich aus den geschlossenen Kämmerchen offene Porenkanäle entstehen (Syst. Teil, S. 247, Textfig. 28). In ähnlicher Weise kommen wohl auch die flaschen- und taschenförmigen Kammern der Atlanticellidenstacheln (Syst. Teil, S. 291, Textfig. 34) durch nachträgliche Streckung der in die Länge wachsenden Stachelanlagen zu stande.

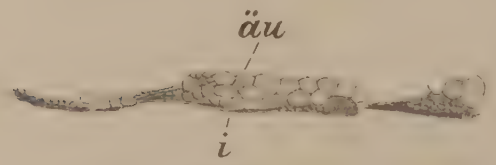


Fig. 192.

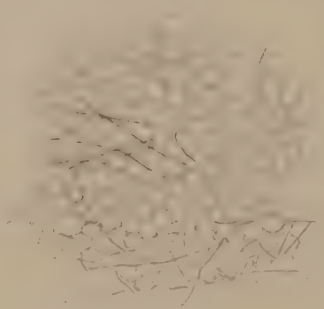


Fig. 193.

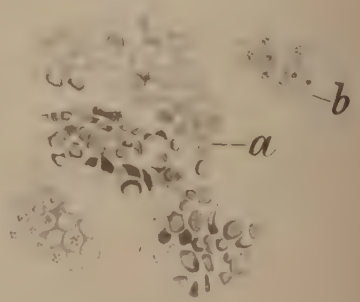


Fig. 194.

Fig. 192. Durchschnitt durch die Embryonalschale von *Planktonetta*. *i* innere, *äu* äußere Schicht.
Fig. 193. Oberflächenansicht der inneren Schicht der Embryonalhülle von *Planktonetta*.
Fig. 194. Oberflächenansicht der äußeren Schicht.

Ich hatte gehofft, daß bei genauerer Untersuchung der Embryonalhüllen oder, wie ich sie im Systematischen Teile nicht ganz zutreffend nannte, der „provisorischen Kieselhüllen“ von *Planktonetta* und *Challengeria* ein Licht auf die Entwicklung der definitiven Phäogromienskelette fallen, und daß es so möglich sein werde, für die oben vorgetragene Skelettbildungshypothese eine festere Basis zu erlangen. Aus diesem Grunde habe ich die genannten Bildungen einer abermaligen eingehenden Untersuchung unterzogen.

Was zunächst die Embryonalhülle der jugendlichen Centralkapsel von *Planktonetta* anbelangt, so ist die früher gegebene kurze Beschreibung (Syst. Teil, S. 302) in folgender Weise zu ergänzen (Textfig. 192—194): Die Hülle besteht aus zwei Lagen, aus einer inneren homogenen bis sehr feinwabigen Schicht, in welcher dünne, kreuz und quer liegende, an die Primitiv-

nadeln der Phäosphärien und Phäocalpien erinnernde Fäden eingelagert sind (Textfig. 192 *i*, 193) und aus einer äußeren grobschaumigen, welche nach außen zu eine unregelmäßige Grenzfläche besitzt (Textfig. 192 *äu*, 194). Die feinere Struktur der äußeren Lage war nicht an allen Stellen die nämliche. Bald enthielten die Wabenräume färbbare, offenbar frisch abgeschiedene Substanzballen, welche sich infolge der Konservierung zu unregelmäßigen Schollen oder Halbmonden zusammengezogen hatten (Textfig. 194 *a*), bald fanden sich in den Wabenräumen Ansammlungen von stark lichtbrechenden Körnchen, welche wohl als Kieselkonkremente angesehen werden dürfen und vielleicht die Bezeichnung „provisorische Kieselhülle" berechtigt erscheinen lassen (Textfig. 194 *b*). Doch konnte ich die wirkliche Natur dieser Körnchen nicht mit Sicherheit ermitteln.

Während so die Embryonalhülle der Centralkapseln von *Planktonetta* mit ihrem Fadenfilze und ihrer äußeren Schaumschicht immerhin eine weitere thatsächliche Unterlage für meine Skelettbildungshypothese zu gewähren scheint, bin ich bei der abermaligen Untersuchung der „provisorischen Kieselhülle" der jugendlichen Centralkapsel von *Challengeria Naresi* auf ganz unerwartete, rätselhafte Bildungen gestoßen. Im Schnittbild hatte diese Hülle, wie früher beschrieben wurde (Syst. Teil, S. 250, Taf. LII, Fig. 430), eine ziemlich regelmäßig quergebänderte Struktur gezeigt (vergl. Textfig. 195 *a*), und zwar hatte ich diese Querbänder oder Stäbchen, wegen ihrer tinktionellen Uebereinstimmung mit der häutigen Schalenanlage des gleichen Individuums, als eingelagerte Kieselplättchen gedeutet. Nun gelang es aber, diesen Bildungen in Oberflächenansicht beizukommen (Textfig. 195 *b*), und hier stellte sich die merkwürdige Thatsache heraus, daß diese einer dünnen Membran aufsitzenden Stäbchen oder Plättchen nichts anderes sind, als die Durchschnitte durch mäandrisch gewundene Leisten, welche eine große äußere Aehnlichkeit mit bandförmigen Chromosomen besitzen, nicht bloß hinsichtlich der Färbbarkeit — die peripherischen Schichten erscheinen dunkler gefärbt als die Achse —, sondern namentlich auch bezüglich des gewundenen Verlaufs und der ziemlich gleichmäßigen Abstände, welche die benachbarten Leisten einhalten. Eine entferntere Aehnlichkeit zeigen diese Leisten auch mit den radiären Stützlamellen des Astropylendeckels der Tripyleen. Wie gesagt, sitzen diese Leisten einer deutlichen inneren Grenzlamelle auf. Ob sie auch nach außen zu von einer solchen bedeckt sind, war nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

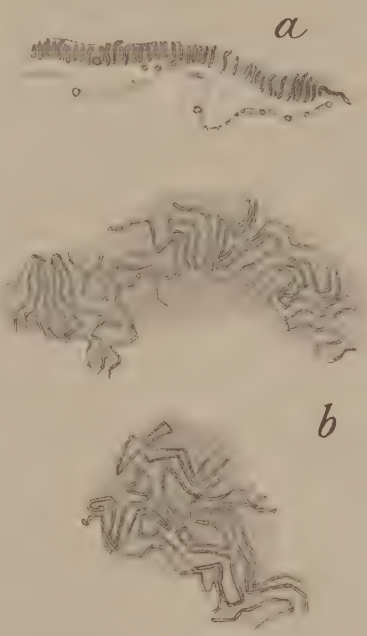


Fig. 195 a—b. Embryonalhülle von *Challengeria*. a Durchschnitt, b Oberflächenansicht.

Ueber die Natur und Entstehung dieser merkwürdigen, im Tierreich wohl einzig dastehenden Membranstruktur kann ich leider nichts aussagen. Jedenfalls handelt es sich aber um eine Bildung ganz anderer Art als bei der häutigen Stachelanlage desselben Tieres, mit welcher im Schnittbild eine große Aehnlichkeit besteht, und es mahnt also dieser Fund zur Vorsicht bezüglich der Homologisierung der verschiedenen, bei den Radiolarien vorkommenden Gerüststrukturen.

Aeussere Mittel der Formbildung.

Schon wiederholt wurden wir vor die Frage hingeführt, inwieweit eine direkte Beeinflussung der Form durch die äußeren (physikalischen und chemischen) Naturfaktoren angenommen werden kann. Insbesondere die bei den Radiolarien verbreitete Erscheinung der Konvergenzentwicklung, sowie das häufige Vorkommen von Mißbildungen in Misch- und Grenzgebieten legen den Gedanken an eine solche unmittelbare Abhängigkeit nahe. Auf diesen Punkt ist von früheren Autoren nur wenig eingegangen worden. HAECKEL hat allerdings in einem besonderen Kapitel (1887, 1887a, § 40) von den mechanischen Ursachen der geometrischen Grundformen gesprochen, und zwar hält er im speciellen statische Momente, insbesondere das indifferente oder stabile Gleichgewicht des im Wasser schwebenden Organismus, für die causae efficientes. In welcher Weise dies aber gemeint ist, geht nicht ganz deutlich aus den folgenden Abschnitten hervor, jedoch scheint es, als ob sich HAECKEL die Wirkung der statischen Momente nicht als eine direkt mechanische Leistung, wie die Wirkung eines Petschaftes auf erweichtes Siegellack, oder wie die künstliche Abplattung einer wachsenden Wurzel durch seitlichen Druck [1]), sondern als eine komplizierte Reizwirkung denkt.

In ausdrücklicher Weise bezeichnet DREYER (1892, S. 416) die Oberflächenspannung als die unmittelbare Ursache der Oberflächenveränderungen und Gestaltungsvorgänge im Sarkodekörper. In ihrem lokalen Auftreten werde die Oberflächenspannung durch die Gleichgewichtsverhältnisse reguliert, welche aus dem Konkurrenzkampf der Pseudopodien resultieren (s. oben S. 611), wozu bei Formen mit Achsendifferenzierung als regelnder Faktor noch die Schwerkraft komme. Bemerkenswert scheinen mir noch folgende Sätze DREYER's zu sein: „Wo sich während der Lebensgeschichte eines und desselben Individuums in geringerem oder größerem Umfang eine Achsendifferenzierung (und damit eine allmähliche Formveränderung) [1]) abspielt, da wird es vermutlich sogar nur von dem Zeitpunkt der Abscheidung des Gerüstes abhängen, welche Form bei dem betreffenden Individuum durch das Skelett fixiert wird. Es braucht dies durchaus nicht immer das Endstadium der Entwicklung zu sein, sondern es können sehr gut auch Durchgangsstadien durch die Gerüstbildung verewigt werden, und möglicherweise kann infolge individueller Schwankungen in dem Zeitpunkt der Gerüstabscheidung dieselbe Art ganz verschiedene Gerüstformen produzieren."

Zu ähnlichen Anschauungen wird man geführt, wenn man beispielsweise sieht, wie von einzelnen Aulosphäriden-, Sagosphäriden- und Castanellidenarten nebeneinander kugelige, eiförmige, birnförmige und andere Gestaltstypen auftreten. Man könnte dabei denken, daß entweder die äußere Form durch die direkte Wirkung der Gravitation auf den flüssigen, tropfenförmigen Sarkodekörper bestimmt wird, oder daß der Sarkodekörper während des Sinkens oder Steigens einem mechanischen Zug ausgesetzt und dadurch in die Länge gezogen wird, so wie z. B. Wasserpflanzen in schnellfließendem Wasser stärker in die Länge wachsen als in ruhigem (O. HERTWIG, 1906, S. 470). Auf jeden Fall würde aber anzunehmen sein, daß durch den Zeitpunkt des Verkieselungsprozesses entschieden wird, welches der verschiedenen Durchgangsstadien

1) J. REINKE, Phil. d. Bot., S. 117.
2) Von mir eingefügt.

fixiert wird. Wie weit freilich bei allen derartigen Formen die polaren Differenzierungen des Gesamtkörpers und speciell des Skelettes durch die erblich fixierte Polarität der Tripyleen-Centralkapsel vorbedingt sind, ist eine andere Frage.

Es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, den direkten Beziehungen zwischen Form und Außenwelt auch auf experimentellem Wege beizukommen, nämlich durch die Untersuchung der koloniebildenden Polycyttarien mit ihren wechselnden Formverhältnissen. Aber noch von einem anderen Gebiete aus kann vielleicht einmal auf experimentellem Wege diesen Fragen näher getreten werden. Vor kurzem hat E. Reukauf (1905) eine Uebersicht der bei Weimar gefundenen Difflugienformen gegeben. Es ist nun sehr auffallend, wie sehr viele dieser Typen an monaxon- und bilateral-symmetrische Radiolariengehäuse, insbesondere an manche Tuscaroriden- und Challengeridenschalen erinnern, und da nach Angabe Reukauf's bestimmte Typen offenbar an bestimmte Oertlichkeiten gebunden sind, so dürfte der Versuch nicht aussichtslos erscheinen, bei den Difflugien die formbildende Wirkung der äußeren Faktoren festzustellen und von hier aus einige Gesichtspunkte für die entwicklungsmechanische Untersuchung des Radiolarienskelettes zu gewinnen.

Zusammenfassendes über die inneren Mittel der Formbildung.

Das Gesamtergebnis meiner Untersuchungen über die Formbildung am Radiolarienkörper kann ich dahin zusammenfassen, daß die Skelettentstehung der Radiolarien sich nicht als ein einfacher, durch örtliche Faktoren, nämlich durch die passive Masse der Alveolensubstanz, lokalisierter Abscheidungsprozeß darstellt, wie dies nach Dreyer's Hypothese anzunehmen wäre, sondern daß man es mit einem komplizierten Lebensvorgang zu thun hat, welcher sich aus einer Reihe von Sekretions-, Wachstums-, Sprossungs-, Erhärtungs- und Einschmelzungsprozessen zusammensetzt und dessen Produkte ihrer Form nach, soviel wir zur Zeit sagen können, in erster Linie durch specifische Gestaltungstendenzen des aktiven Protoplasmas, speciell der plasmatischen Hüllen der „häutigen Stachelanlagen", bestimmt sind (vergl. 1905, S. 368; 1906b, S. 46).

Man wird bei diesem komplizierten Zusammenwirken einer ganzen Reihe von physikalischen und physiologischen Prozessen an die Verhältnisse bei den Kalkschwämmen erinnert, bei welchen nach Maas (1900a, 1900b) zwei Phasen der Skelettbildung zu unterscheiden sind, von welchen die eine auf einen organisch-cellulären, die zweite auf einen rein chemischen Vorgang zurückzuführen ist.

Im einzelnen kommen bei der Skelettbildung der Tripyleen folgende Mittel der Formbildung in Betracht:

1. **Sekretionsvorgänge.** Daß bei der Entstehung des Radiolarienskelettes Sekretionsvorgänge eine wesentliche Rolle spielen, ist eine feststehende Thatsache. Auch Haeckel und Dreyer haben Prozesse dieser Art zum Ausgangspunkt ihrer hypothetischen Anschauungen gemacht.

Soweit ich sehe, kommen bei der Skelettentwicklung der Tripyleen dreierlei Sekretionsvorgänge in Betracht: die Bildung der Primitivnadeln, die Abscheidung einer gallertigen Vakuolensubstanz und die Ablagerung der Kieselsubstanz, ein Prozeß, der sich seinerseits wieder in mehreren Etappen abspielen kann.

a) **Primitivnadeln** (? Primitivröhrchen). Primitivnadeln sind in den radiären Skelettelementen und innerhalb der Schalen der Phäosphärien und Phäocalpien allgemein verbreitet. Spuren von solchen finden sich auch bei den Phäogromien. Ihnen entsprechende Bildungen sind wahrscheinlich auch die feinen Kieselnadeln (? Kieselröhrchen), welche den Tangentialmantel und die Stachelscheiden der Aulacanthiden bilden. Entfernter stehende Homologa sind wohl die Achsenfäden (Achsennadeln) der Heliozoen, und vielleicht darf auch an die Centralfäden der Kalkschwämme gedacht werden.

Bei den Phäosphärien und bei der Phäocalpienfamilie der Castanelliden besteht eine große Wahrscheinlichkeit, daß von der Bildung der Primitivnadeln die Skelettentwicklung ihren Ausgang nimmt. Ich denke mir dabei die Beziehungen zwischen der Entstehung der Primitivnadeln und der Abscheidung der Vakuolengallerte nicht als einen notwendigen Kausalzusammenhang, in der Art, daß etwa der erstere Vorgang die unvermeidliche Vorbedingung für das Eintreten des zweiten wäre, vielmehr scheinen mir die Primitivnadeln da, wo sie in die Bildung des eigentlichen Skelettes hereingezogen werden, nur die Rolle von vorläufigen Stützen und formbestimmenden Leitbahnen zu haben. Einen Hinweis in dieser Richtung liefern vielleicht die Aulacanthidennadeln, welche in ihrem ganzen Aufbau und in ihrer Verzweigungsweise durchaus mit den Tangentialbalken bezw. Radialstacheln der Aulosphäriden übereinstimmen, nur daß sie keine Achsenfäden besitzen. Man wird wohl in erster Linie daran zu denken haben, daß sich hier — abgesehen von den *Aulokleptes*-Nadeln — die Entstehung und eventuelle Streckung der Gallertvakuole ohne Benützung eines besonderen Stützapparates vollzieht. Freilich ist aber auch die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß auch bei den Aulacanthiden Primitivnadeln zunächst zur Abscheidung kommen, später aber, etwa zu Beginn der eigentlichen Verkieselung, resorbiert werden.

b) **Collenchym.** Wohl bei der Bildung aller Skelettformen und Skelettelemente spielt die Abscheidung eines gallertigen Sekretes eine Rolle, welches stofflich wohl mit der Substanz der Gallertvakuolen (extra- und intrakapsulären Alveolen) und gewisser Zustände der Phäodellen übereinstimmt oder diesen nahesteht, im übrigen aber in verschiedenen Modifikationen auftritt. Die gallertige Natur dieser Abscheidungen steht zunächst für die fertigen Aulacanthidennadeln fest (Syst. Teil, S. 13, Anm. 1), sie konnte aber auch bei manchen anderen Formen, so z. B. bei einem jungen Astracanthidenskelett (Syst. Teil, S. 384), aus dem tinktionellen Verhalten des Röhreninhaltes erschlossen werden. Es scheint mir zweckmäßig zu sein, für diese Substanz eine besondere Bezeichnung zu gebrauchen, und zwar möchte ich den Ausdruck Collenchym in Vorschlag bringen. Allerdings wird dieser Ausdruck von den Botanikern in einem ganz anderen Sinne gebraucht, indem damit eine besondere Art von Stützgewebe bezeichnet wird. Indessen giebt es ja eine ganze Reihe von morphologischen Terminis, welche in den beiden Schwesterwissenschaften in verschiedenem Sinne und doch ohne störende Kollisionen gebraucht werden, so daß mir die Einführung des Wortes unbedenklich erscheint.

Die hauptsächlichen Modifikationen, in welchen das Collenchym der Radiolarien und speciell der Tripyleen auftritt, sind folgende:

Bei den Aulacanthiden, Astracanthiden und Aulosphäriden muß es, entsprechend der Gestalt der Skelettelemente, in Form von großen, längsgestreckten, durchaus homogenen, anfangs färbbaren, später wasserklaren „Vakuolen“ zur Abscheidung kommen. Ob diese allerdings gleich von Anfang an eine homogene Beschaffenheit besitzen, oder ob, worauf einige seltene Vorkommnisse, z. B. das Bild einer Nadel von *Aulospathis pinus* (Textfig. 196), hinweisen, die große Vakuole durch Zusammenfließen mehrerer kleinerer entsteht, kann ich natürlich nicht entscheiden, immerhin möge diese Form des Collenchyms zunächst als homogenes Collenchym gekennzeichnet werden.

Die palissadenähnlichen Kämmerchen in den Peristombildungen der Challengeriden (Taf. XLIX, Fig. 377) und ebenso die Kammern der Radialstacheln der Medusettiden (Taf. LVI, Fig. 452; Textfig. 140) nehmen, wie gezeigt wurde, wahrscheinlich ihren Ausgang von einzelnen, größeren, waben- oder perlschnurartig angeordneten Vakuolen (s. Textfig. 191 b, c). In diesem Fall möge von einem großtropfigen Collenchym gesprochen worden.

Fig. 196. Gekammerter Radialstachel von *Aulospathis pinus*.

Als Ausgangspunkt für die groben Wabenstrukturen, wie sie sich z. B. in den Peristomkrägen der Planktonetten (Textfig. 140) finden, ist ein grobschaumiges Collenchym mit färbbaren (? schleimigen oder plasmatischen) Zwischenwänden und anfangs färbbaren, später wasserklaren Wabenräumen anzusehen. Ein solches wurde in der That in der in Bildung begriffenen „Embryonalhülle“ von *Planktonetta* vorgefunden (Textfig. 192, 194).

Mit beiden letztgenannten Typen ist durch Uebergänge das einschichtige Collenchym verbunden, welches der „Diatomeenstruktur“ der Challengeriden- und mancher Medusettiden- und Circoporidenschalen zu Grunde liegt (Textfig. 190) und aus einer einzigen Lage von „Vakuolen“ besteht, welche sich zwischen die auseinanderweichenden Lamellen der primitiven Schalenhaut einlagern.

Der feinporösen Füllsubstanz schließlich, welche die beiden Grenzlamellen der Tuscaroriden- und einiger Circoporiden- (Textfig. 188) und Castanellidenschalen (Textfig. 187) verbindet, muß ein feinschaumiges (alveoläres) Collenchym zu Grunde liegen.

c) **Verkieselung.** Der Verkieselungsprozeß tritt uns besonders bei derbstacheligen Aulacanthiden, aber auch bei verschiedenen anderen Tripyleen deutlich in zwei Etappen, bezw. Formen entgegen (S. 600, Textfig. 177 c). Speciell bei ersteren geht die primäre Verkieselung von der Vakuolenhaut oder häutigen Schalenanlage aus, während die sekundäre im Innern der Füllsubstanz ihre Entstehung zu nehmen scheint.

Ueber den genaueren Verlauf beider Einzelprozesse kann ich nichts Bestimmtes aussagen. Vor allem vermochte ich nicht zu entscheiden, inwieweit die primäre Verkieselung auf einer direkten Umwandlung der Vakuolenhaut oder auf einem durch letztere vermittelten Sekretionsprozeß beruht, eine Alternative, vor welche man ja auch bei einer Reihe von anderen Membranbildungen gestellt ist. In einzelnen Fällen schien es, als ob die Vakuolenhaut der häutigen Anlage der Aulacanthidenstacheln eine Spaltung erfährt, in ähnlicher Weise, wie dies für die häutige Anlage der Tuscarorenschale anzunehmen ist, und als ob die Kieselsubstanz zwischen die beiden auseinanderweichenden Lamellen eingelagert werde. So fanden sich z. B. Stacheln von *Aulospathis*, bei welchen die äußerste Schicht der primären Kieselrinde, und solche, bei welchen

die innerste Lage eine noch unvollkommene Beschaffenheit zeigte (Taf. VI, Fig. 68, 69, bezw. Fig. 64), eine Verschiedenheit, die am besten durch die Annahme erklärt werden könnte, daß der Verkieselungsprozeß gleichzeitig von der äußeren und inneren Grenzlamelle seinen Ausgang nimmt.

Auch die Entstehung der sekundären Kieselsubstanz konnte nicht vollkommen aufgeklärt werden. Offenbar ist ihre Bildungsweise eine verschiedene je nach der ursprünglichen Beschaffenheit des Collenchyms: bei Formen mit „homogenem" Collenchym, z. B. bei den *Auloceros*-Nadeln, erscheint die sekundäre Kieselsubstanz wenigstens im Präparat zunächst als eine feinkörnige, (? feinporöse) Masse, welche den Eindruck eines in der Gallerte ausgefällten Niederschlages macht (Textfig. 177 c *k*), während bei Formen mit grob- und feinschaumigem Collenchym einfach eine Verkieselung der Alveolenwände zu erfolgen scheint. In letzterem Falle dürfte die Entstehung der sekundären Kieselsubstanz (Füllsubstanz) im wesentlichen dem von DREYER angenommenen mechanischen Gerüstbildungsvorgang entsprechen.

2. **Delaminationsvorgänge.** Als ein weiteres Formbildungsmittel wurden in einer zunächst rein hypothetischen Weise Delaminationsvorgänge angenommen, durch welche eine primäre Schalenhaut unter Einlagerung von Collenchym in zwei auseinanderweichende Lamellen gespalten wird. Wie gesagt, liegen keine Bilder vor, welche direkt für das Vorkommen solcher Spaltungs- oder Delaminationsprozesse sprechen, indessen ist wenigstens für die Schalen der Phäocalpien und Phäogromien kaum ein anderer Entstehungsmodus auszudenken.

Schon an anderer Stelle wurde darauf hingewiesen, daß der hier angenommene Spaltungsvorgang physiologisch wohl vergleichbar ist mit der Abhebung der Dotterhaut beim Seeigelei. Namentlich ist an die artificielle Erzeugung zweier Dotterhäute zu erinnern. Die beiden Grenzlamellen mit dem eingelagerten Collenchym würden dann mit den beiden Dotterhäuten und der zwischen beiden befindlichen Gallerte verglichen werden können.

3. **Intracelluläre Sprossung.** Wie aus einer großen Reihe von Befunden mit hoher Wahrscheinlichkeit hervorgeht, kommen die Terminalbildungen der Radialstacheln der Aulosphäriden, Cölodendriden und wohl auch der übrigen Tripyleen durch Sprossung der häutigen Stachelanlage zu stande. Ich nehme an, daß diese Sprossungsvorgänge in der plasmatischen Vakuolenhaut ihren Sitz haben und also durch eine specifische Gestaltungskraft der Sarkode selber bedingt sind. Einzelne Vorkommnisse, so die keulenförmigen Stachelformen von *Aulographis stellata* (S. 600, Textfig. 176 c), welche viel kürzer sind als die normalen, vollkommen ausgebildeten Stacheln (Textfig. 176 a), scheinen dafür zu sprechen, daß diesen Sprossungsvorgängen ein Längenwachstum der ganzen Gallertvakuole vorangeht, in anderen Fällen, so bei den Aulosphäridenskeletten, dürfte die Länge der Tangentialbalken und insbesondere der Radialstacheln schon von vornherein durch die Primitivnadeln bestimmt sein. Hier werden wohl die Wachstums- und Sprossungsvorgänge auf die eigentlichen Terminalbildungen und auf die Seitendornen der Radialstacheln beschränkt sein.

Auch die Entstehung der Spathillen ist in letzter Linie auf einen Sprossungsvorgang zurückzuführen, worauf mehrere Bilder mit Bestimmtheit hinweisen (S. 603). Dasselbe ist wohl auch für die Ankerfädchen und ähnliche specialisierte „Appendicularorgane" anzunehmen.

Sprossungsvorgänge dieser Art sind als intracelluläre Sprossungen zu bezeichnen (1906 b, S. 45; s. oben S. 602). Sie finden in der Entstehung pflanzlicher Haargebilde ein

näheres, in der Bildung hochspecialisierter Chitinhaare, wie z. B. der gefiederten Copepodenborsten, ein entfernteres Seitenstück.

4. **Einverleibungs- oder Amalgamierungsvorgänge**[1]. Ein weiteres formbildendes Mittel besteht in der Amalgamierung, d. h. in der vollständigen Einverleibung von älteren kieseligen Skelettteilen in neugebildete Kieselsubstanz. Hierher gehört die Erscheinung, daß bei den Sagosphäriden und Castanelliden die Primitivnadeln in der Regel vollkommen von der sekundären Füllmasse aufgenommen werden, so daß die Skelettbalken meistens durchaus homogen erscheinen. In ähnlicher Weise werden auch bei *Aulokleptes* die Diatomeengehäuse und besonders die als Fremdkörpergrundlage benutzten Aulacanthidennadeln der von außen nach innen an sie herantretenden kieseligen Füllsubstanz einverleibt. Allerdings kommt ihre Form noch in der Gestalt des definitiven Stachellumens zum Ausdruck (vergl. besonders Taf. IV, Fig. 44), und auch die „Teilungsnarben" der Diatomeenschalen bleiben vielfach noch erhalten, aber im ganzen verschmilzt die Kieselsubstanz der Fremdkörper so vollkommen mit der sekundären Füllsubstanz des Aulacanthidenstachels, daß von einem doppelten Kontur nichts mehr zu sehen ist.

5) Zu den hier aufgezählten Mitteln der Formbildung wären noch die rein hypothetischen **„richtenden Centren"** zu rechnen, durch welche nach unserer Annahme bei den Phäosphärien und Castanelliden das Muster des Schalengitters bestimmt wird. Bei der stereometrischen „Unähnlichkeit", welche zwischen der äußeren Körper- und Skelettform und der Gestalt der Centralkapsel speciell bei den Aulosphäriden und Sagosphäriden bestehen kann, ist es schwer auszudenken, daß die Lage der Knotenpunkte, insbesondere bei den regelmäßigen Dreiecks- und Viereckssstellungen, durch den Kern bestimmt (nach außen projiziert) wird, vielmehr wird man hier wohl an Anordnungs- und Verteilungsvorgänge denken müssen, die in den Außenschichten des Weichkörpers selber ihren Sitz haben und entweder durch einen Konkurrenzkampf der Pseudopodien (Dreyer) oder durch das Spiel und Gegenspiel multipler „Attraktionssphären" bedingt sind (S. 611).

Aus dem Bisherigen dürfte trotz des hypothetischen Charakters, welchen viele Ausführungen naturgemäß tragen, mit Sicherheit hervorgehen, daß in der That die Skelettbildung speciell der Tripyleen kein einheitlicher, ausschließlich als Biokrystallisation oder intracelluläre Sekretion aufzufassender Prozeß ist, sondern daß eine ganze, im Obigen jedenfalls noch nicht erschöpfte Reihe von formbildenden Faktoren zusammenwirkt.

Es fragt sich nun zunächst, ob wir bei der bisherigen Analyse bereits bis zu einfachen chemischen und physikalischen Prozessen vorgedrungen sind, oder ob es sich zum Teil um physiologische oder vitale Faktoren handelt, in dem Sinne, daß eine Auflösung der Einzelprozesse in chemische und physikalische Komponenten zur Zeit nicht möglich ist.

Es ist nun ohne weiteres ersichtlich, daß die meisten der hier aufgezählten Einzelprozesse einen physiologischen oder vitalen Charakter haben. Eine Ausnahme bilden bis zu einem gewissen Grade nur die Amalgamierungsprozesse. Dagegen sind die intracellulären Sprossungs- und die Delaminationsvorgänge als „organismisch" (Rhumbler) zu bezeichnen, und ebenso sind alle Sekretionsvorgänge, nämlich die Bildung der Primitiv-

1) Den früher (1906 *b*) gebrauchten Ausdruck „Umschmelzung" möchte ich, da er zweideutig ist, lieber vermeiden.

nadeln oder Primitivröhrchen, die Abscheidung des Collenchyms und die Ablagerung der Kieselsubstanz, bis jetzt noch nicht der chemischen Analyse zugänglich. Es sind also physiologische Prozesse, von denen wir nur sagen können, daß ihr besonderer Charakter in jedem Falle durch die specifische Beschaffenheit der Sarkode bedingt sein wird. Selbstverständlich ist dabei freilich, daß die secernierten, toten oder dem toten Zustand entgegengehenden Massen von dem Moment an, wo sie entstanden sind, in demselben Maße oder noch mehr den Gesetzen der Oberflächenspannung und der Kapillarität, sowie den für die einzelnen Aggregatzustände geltenden Bedingungen unterworfen sind, wie das Protoplasma selber. Mit diesen physikalischen Gesetzen ist aber „nur ein physikalischer Rahmen aufgezeigt, innerhalb dessen die specifische Formbildung sich abspielt" (DRIESCH, 1906). Am Ausgangspunkt des Sekretionsvorganges steht jedenfalls ein physiologischer Prozeß. Einige Beispiele sollen dieses Verhältnis illustrieren. Es wurde früher wahrscheinlich zu machen versucht, daß die Entstehung der gekammerten Radialstacheln der Medusettiden ihren Ausgang nimmt von tropfenförmigen Collenchymabscheidungen, welche an den zuvor gebildeten Primitivnadeln perlschnurartig aufgereiht sind (S. 619, Textfig. 191 b). Nehmen wir an, diese Vermutung entspreche wirklich den Thatsachen, so ist es klar, daß die Gestalt der Collenchymtropfen, und damit auch diejenige der Kämmerchen, durch die Oberflächenspannung, bezw. durch die gegenseitigen Druckwirkungen der benachbarten Collenchymtropfen bedingt ist. Also greifen hier rein physikalische Verhältnisse in den physiologischen Prozeß herein. In ähnlicher Weise ist die Porzellanstruktur der Circoporiden- und Tuscaroridenschale bei ihrer Entstehung den Gesetzen der Blasenmechanik unterworfen, da das feinwabige Collenchym, welches die Grundlage für den Aufbau der Porzellanstruktur bildet, eben von diesen Gesetzen beherrscht wird.

Während also die Sekretionsvorgänge, welche bei der Skelettbildung der Tripyleen eine Rolle spielen, physiologische, der chemischen Analyse bis jetzt wenigstens widerstehende Prozesse sind, deren typischer Charakter durch die Specifität der lebenden Sarkode bestimmt wird, so unterstehen die toten oder tot werdenden Abscheidungsprodukte den physikalischen Gesetzen, weshalb die Form des Skelettes durch letztere beeinflußt wird. Nun ist aber nicht bloß der Ausgangspunkt des ganzen Skelettbildungsvorganges ein unbekannter physiologischer, in oder an der lebenden Substanz sich abspielender Prozeß, sondern auch die Intensität und die Richtung, in welcher die physikalischen Gesetze an den toten Produkten wirksam sind, wird durch die specifische Beschaffenheit der lebenden Substanz andauernd reguliert. Gerade die Tripyleen lassen dieses Verhältnis besonders deutlich hervortreten. Man vergleiche z. B. die Skelette der Aulosphäriden und Castanelliden. Bei der ersten Gruppe besteht das Hauptskelett aus lauter einzelnen, hohlen, tangential gelegenen Röhren, welche mit ihren keilförmigen Enden in den Knotenpunkten meist zu sechsen gegeneinander gestemmt sind und so ein regelmäßiges trigonales Maschenwerk bilden (S. 468, Textfig. 111). Bei den Castanelliden dagegen liegt eine runde, von ungleich großen Poren fensterartig durchbrochene Gitterschale vor (S. 613, Textfig. 183). Nach dem früher Gesagten kommt nun das Aulosphäridenskelett wahrscheinlich in der Weise zu stande, daß in der äußersten Schicht des Weichkörpers zuerst ein regelmäßig geordnetes Netz von Primitivnadeln abgeschieden wird und daß sich um die einzelnen Primitivnadeln herum selbständig entstehende Gallertvakuolen bezw. häutige Stachelanlagen bilden (S. 610, Textfig. 182). In den Knotenpunkten findet kein

Zusammenfließen dieser Vakuolen statt, und so stellen sich, nach erfolgter Verkieselung der Vakuolenhaut, die einzelnen Elemente des Skelettes als selbständige Kieselröhren dar. Bei den Castanelliden ist die Entstehung der Gitterschale, wie wir sahen, eine ganz homologe: nur zeigt das Netzwerk von Primitivnadeln von vornherein keine trigonale, sondern eine unregelmäßige Anordnung und die Gallertvakuolen fließen gleich bei ihrer Entstehung in den Knotenpunkten zusammen. Wenn dann die Verkieselung stattfindet, so bildet sich eine kontinuierliche, alle Gerüstbalken umschließende und miteinander verbindende primäre Kieselrinde, und es kommt außerdem gewöhnlich noch eine sekundäre Verkieselung hinzu, so daß die Balken der Gitterschale als ganz massiv erscheinen. Der Unterschied zwischen den beiden Skeletttypen, der im fertigen Zustand ganz erheblich erscheint, kann somit im wesentlichen zurückgeführt werden 1) auf eine ungleiche Verteilung der die Primitivnadeln orientierenden „richtenden Centren", 2) auf eine verschiedene Oberflächenspannung der Vakuolenhäute, welche im einen Fall ein Zusammenfließen, im anderen ein Selbständigbleiben der Gallertvakuolen bedingt, 3) auf eine verschieden weitgehende Verkieselung. Ueber die Anfangsursachen des zuerst genannten Unterschiedes läßt sich zur Zeit wegen des hypothetischen Charakters der „richtenden Centren" nichts sagen, dagegen handelt es sich bei Punkt 2 um eine graduelle Verschiedenheit eines physikalischen Prozesses, welche ihrerseits entweder in der verschiedenen Masse des abgeschiedenen Collenchyms oder in einer stofflichen Differenz der Vakuolenhaut, in letzter Linie aber jedenfalls in der specifischen Verschiedenheit der lebenden Substanz der Aulosphäriden und Castanelliden begründet sein muß. Bei Punkt 3 spielen ebenfalls wieder graduelle Verschiedenheiten (Intensitätsunterschiede) eines physikalischen Prozesses, nämlich der Ausfällung und Erhärtung der Kieselsubstanz, herein, und auch diese sind in letzter Linie bestimmt durch stoffliche Verschiedenheiten der lebenden Substanz.

Alles in allem werden also die aufeinander folgenden, sich hintereinander auslösenden (epigenetischen) Einzelprozesse auf den einzelnen Etappen immer wieder durch die stoffliche Natur der lebenden Substanz bestimmt, kontrolliert und reguliert. Es läßt sich also bei diesen hochspecialisierten, einzelligen Organismen in besonders schöner Weise eine innige Verbindung und Durchdringung präformativen und epigenetischen Geschehens nachweisen, eine Vereinigung, wie sie neuerdings mehr und mehr auch für die Entwicklung des Metazoenkeimes angenommen wird.

Als eine besondere Eigentümlichkeit, die uns bei der Skelettentwicklung der Tripyleen entgegentritt, ist noch die relative Selbständigkeit der angewandten Mittel der Formbildung hervorzuheben. Sehr deutlich tritt dieses Verhältnis schon bei den meisten Hemmungsbildungen hervor. So kann z. B. bei den Aulacanthidenstacheln die primäre Verkieselung zur Durchführung kommen, ohne daß vorher die Sprossung der häutigen Anlage zur Vollendung gelangt war. Auf der relativen Selbständigkeit der formbildenden Mittel beruht auch zum Teil die Erscheinung, daß innerhalb eines und desselben Formenkreises die demselben zur Verfügung stehenden Charaktere in den verschiedensten Kombinationen, gewissermaßen kaleidoskopisch, miteinander gemischt sein können. Vorkommnisse dieser Art sind namentlich bei den Aulacanthiden, bei den Castanelliden (Syst. Teil, S. 153) und bei den Tuscaroren (1906 b, S. 87; Syst. Teil, S. 213, Fig. 22) zu beobachten. Speciell bei letzteren

kann sowohl der helm- oder schnabelförmige, wie auch der korb- und kelchförmige Peristomtypus mit der circoralen, aboralen und apicalen Stellung der Radialstacheln und ebenso mit den verschiedenen Schalenformen (Birn-, Pyramiden- und Spindelform) kombiniert sein.

Natürlich ist diese Selbständigkeit der Merkmale und damit der formbildenden Mittel keine absolute. Wiederholt wurde schon hervorgehoben, daß bei Abnormitäten und Monstrositäten die Störung des Gleichgewichtszustandes sich gleichzeitig nach sehr verschiedenen Richtungen hin äußern kann, wie dies bereits früher (598) an einigen Beispielen, namentlich an dem wiederholt erwähnten, vielseitig monströsen *Aulosphaera*-Skelett (Textfig. 175), auseinandergesetzt worden ist. Diese Koincidenz der Unregelmäßigkeiten ist aber ein Beweis dafür, daß die verschiedenen Einzelprozesse der Formbildung nur innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von einander sind.

In den vorstehenden Ausführungen ist viel Hypothetisches enthalten, und es mag vielleicht der Eindruck entstehen, als sei hier eine stark mit Deduktionen arbeitende Hypothese, nämlich die DREYER'sche Gerüstbildungslehre, einfach durch eine andere, gleichwertige, auf gleichem schwankenden Boden stehende ersetzt worden. Indessen wird doch als wesentlicher Unterschied anzuerkennen sein, daß aus dem „Valdivia"-Material thatsächlich eine Reihe von entwicklungsgeschichtlichen Daten und außerdem eine große Zahl von ontogenetisch verwendbaren teratologischen Beobachtungen zur Verfügung standen, und ferner, daß kein einziger dieser Befunde meiner physiologischen Skelettbildungshypothese Schwierigkeiten bereitet. Letztere umfaßt also mindestens das ganze Gebiet der Tripyleen, zu welchen die kompliziertesten und am höchsten specialisierten Formen gehören, während der DREYER'schen Hypothese, wie früher ausführlich erörtert worden ist, gerade in dieser Gruppe sehr enge Giltigkeitsgrenzen gesetzt sind. Inwieweit allerdings meine Hypothese auch für andere Formengruppen der Radiolarien zu Recht besteht, läßt sich zur Zeit nicht sagen. Immerhin scheinen mir einige vereinzelte Gelegenheitsfunde darauf hinzuweisen, daß z. B. auch bei den Spumellarien die Skelettbildungsvorgänge keinen wesentlich verschiedenen Verlauf nehmen.

Im übrigen möchte ich selbstverständlich meine entwicklungsgeschichtliche Darstellung nur als einen ersten Schritt auf einem andern, bisher unversuchten und vielleicht aussichtsreichen Wege betrachtet wissen. Vieles, oder eigentlich das Meiste, ist auf diesem Gebiete noch zu thun: wir wissen z. B. noch nicht, durch welche Faktoren die Zahl der Radialstacheln und ihrer Aeste bedingt ist, wir wissen noch nichts Genaueres über die Chemie aller Vorgänge und noch weniger über die Beteiligung der Kernsubstanz. Aber abgesehen von dem Ergebnisse, daß die Skelettbildung der Tripyleen jedenfalls einen komplizierten Vorgang darstellt, tritt jetzt schon in ziemlich klaren Umrissen und schärfer vielleicht als bei den höheren Organismen, eines der Ziele hervor, welches sich die neuere Entwicklungsmechanik (Entwicklungsphysiologie) gesteckt hat, nämlich die Zurückführung der äußerlich sichtbaren morphologischen Merkmale und Komponenten des Artbildes auf eine Anzahl physiologischer Elementarvorgänge, die sich als besondere Modifikationen der Wachstums-, Assimilations-, Sprossungs- und Abscheidungsprozesse darstellen, und welche ihrerseits wieder in specifischen Qualitäten oder Elementareigenschaften der lebenden Substanz ihre Wurzel haben (vergl. 1906 b, S. 50).

Wenn auch aus den mehrfach angeführten Gründen der zur Ermittlung der Skelettbildungsvorgänge eingeschlagene Weg ein anderer sein mußte als derjenige der streng methodisch vorgehenden Entwicklungsmechanik, so decken sich doch insofern die Ziele, als das Ganze der Formbildung nach Roux und Driesch die Produktion sichtbarer Mannigfaltigkeit von einem relativ einfachen Ausgang her bedeutet und demnach als nächstliegende Aufgabe der Entwicklungsmechanik die Auflösung der organischen Form in eine große Reihe formativer Einzeleffekte zu bezeichnen ist.

Nach zwei Richtungen hin ist sogar der Untersucher der Radiolarien und der Einzelligen überhaupt zweifellos im Vorteil gegenüber dem Metazoenforscher: erstens ist die Kette von Ursachen und Wirkungen, welche zwischen der undifferenzierten Anlagensubstanz und der fertigen Form liegt, unverhältnismäßig kürzer, und man kann sich, auch wenn im einzelnen die thatsächlichen Beobachtungen noch nicht ausreichend sind, wenigstens eine annähernde Vorstellung von der Gliederung und Ausdehnung dieser Kette machen; und zweitens liegt die Möglichkeit vor, nicht bloß die Entfaltung der generellen, sondern auch diejenige der specifischen Charaktere von vornherein im Auge zu behalten (1908, S. 360). Und so gebe ich mich der Hoffnung hin, daß die Lehre von der Skelettbildung der Radiolarien, zum Teil vielleicht schon in dem jetzigen unvollkommenen Stadium, jedenfalls aber in einem späteren fertigeren Zustande auch der allgemeinen Entwicklungsphysiologie der Organismen Anregungen und brauchbare Ergebnisse liefern wird.

IV. Abschnitt.

Vererbung und Variation.

Im „Challenger"-Report hebt Haeckel hervor, daß die Morphologie der Radiolarien eine Fülle von wertvollem Material für die Physiologie der Vererbung darbiete. So werden nach Haeckel durch die Konstanz, mit welcher sich z. B. die besonderen Strukturverhältnisse der Centralkapsel erhalten, die Gesetze der konservativen Vererbung illustriert, während die einzelnen Skelettteile in ihrer Fortbildung und Rückbildung zahlreiche Beispiele für die progressive Vererbungsweise liefern. Da Haeckel unter progressiver Vererbung die Uebertragung und Accumulierung erworbener Eigenschaften versteht, so würden also nach ihm die Radiolarien ein besonderes günstiges Objekt für das Studium der Variation und Artbildung darstellen, eine Anschauung, welcher Haeckel wiederholt auch an anderen Orten einen prägnanten Ausdruck verliehen hat (vergl. S. 479).

Es muß zugegeben werden, daß die Radiolarien in hohem Maße, vielleicht in stärkerem, als die meisten anderen Tiergruppen, die Erscheinung der konservativen Vererbung hervortreten

lassen, insofern ja gerade unter ihnen zahlreiche altertümliche Formenkreise (Familien, Gattungen, Großarten) und viele echte Dauertypen nachzuweisen sind. Auch manche Formen der Variation lassen sich an den Radiolarienskeletten in besonders deutlicher Weise demonstrieren, dagegen kann nicht zugegeben werden, daß unser Objekt gerade für die Lehre von der progressiven Vererbung, also für die LAMARCK'sche Artbildungshypothese, entscheidende Beispiele darbietet. Denn wie heute wohl allgemein anerkannt wird, hängt dies nicht von der größeren oder geringeren Leichtigkeit ab, mit welcher die Formen einer Organismengruppe zu hypothetischen Entwickelungsreihen zusammengeschlossen werden können, sondern ausschließlich davon, ob eine solche Gruppe dem Experimente zugänglich ist.

Dauertypen.

Schon im Systematischen Teil (S. 433) wurde gezeigt, daß fast alle, von der „Valdivia" mittelst tiefgehender Schließnetzzüge erbeuteten Spumellarien und Nassellarien, soweit sie mit einer vollständigen Centralkapsel ausgestattet und demnach als normale, lebenskräftige Tiefenbewohner anzusehen waren, ein verhältnismäßig hohes paläontologisches Alter besaßen. Wenn auch nicht alle diese Formen mit tertiären, kretaceischen und jurassischen Arten vollkommen identisch sind, so ließ sich doch nachweisen, daß die Familien und Gattungen, zu welchen sie gehören, bereits im Tertiär und Mesozoikum durch nahestehende Arten vertreten sind, so daß, wenn auch nicht immer von eigentlichen Dauertypen (d. h. von persistierenden Arten), so doch von altertümlichen Formenkreisen gesprochen werden kann.

Abgesehen von mehreren Lamprocycladiden (Taf. LXXXV, Fig. 593, 596, 598) und zwei anderen, in der Antarktis erbeuteten Cyrtellarien (*Saccospyris antarctica*, Taf. LXXXIV, Fig. 589, und *Peromelissa denticulata*, Taf. LXXXIV, Fig. 582), handelt es sich hauptsächlich um Sphärellarien aus den zu den Familien der Astrosphäriden, Cubosphäriden und Phacodisciden gehörenden Gattungen *Acanthosphaera* (Taf. LXXXIII, Fig. 574), *Hexacontium* (Taf. LXXXIII, Fig. 576) und *Heliodiscus* (Taf. LXXXIII, Fig. 578), sowie aus der Familie der Stylosphäriden sens. lat. (kugelige oder ellipsoidische Sphärellarien mit zwei Polstacheln, Taf. LXXXIV, Fig. 587 u. a.). Außer den Acanthosphären[1]) fanden sich verhältnismäßig häufig noch einige andere Astrosphäriden vor, welche teils wegen mangelhaften Erhaltungszustandes, teils weil die inneren Skelettteile (Markschalen, Radialbalken) durch den Weichkörper verdeckt waren, nicht genauer bestimmt werden konnten, so einige *Haliomma*-ähnliche[2]) Formen, sowie mehrere, durch die Differenzierung von Haupt- und Nebenstacheln gekennzeichnete, ein- bis mehrschalige Formen, welche zu den Gattungen *Heliosphaera*, *Heliosoma* und *Echinomma*[3]) gehören dürften. Da gerade die hier aufgezählten Formen auch in älteren Formationen eine große Rolle spielen, so gebe ich hier, um den Vergleich zu erleichtern, zur Ergänzung der kurzen Beschreibung im Systematischen Teil (S. 437) ein paar offenbar lebend gefundene Formen aus größeren Tiefen

1) Astrosphäriden (d. h. sphärische Formen mit zahlreichen Radialstacheln) mit einer Gitterschale und mit gleichartigen, unverzweigten Radialstacheln.

2) Astrosphäriden mit zwei Gittterschalen und gleichartigen Radialstacheln.

3) Astrosphäriden mit bezw. einer, zwei und drei Gitterschalen und mit Haupt- und Nebenstacheln.

des Atlantik und Indik wieder, soweit die Weichkörperteile (Phäodellen und Centralkapsel) die Skelettstrukturen erkennen ließen (Textfig. 197 u. 198).

Die Aehnlichkeit dieser Tiefenfauna speciell mit der tertiären Radiolarienfauna ist außerordentlich groß und in die Augen fallend, wie namentlich ein Blick auf die Tafeln der Stöhrschen Arbeit zeigt (vergl. Syst. Teil, S. 434). Ja, ich glaube, daß die thatsächliche Uebereinstimmung beider Faunen sogar noch größer ist, als sich aus dem einfachen Vergleich der beiderseitigen Namenlisten erschließen läßt. Denn ich möchte es auf Grund meiner bei den Castanelliden gemachten Erfahrungen für überaus wahrscheinlich halten, daß zahlreiche der von den Paläontologen aufgezählten „Liosphäriden“ (Sphärellarien ohne Radialstacheln) in Wirklichkeit nichts anderes sind, als Astrosphäriden ohne Hauptstacheln, deren Nebenstacheln entweder durch mechanische Einwirkungen abrasiert oder aber aufgelöst sind. Es würde danach die Möglichkeit vorliegen, daß

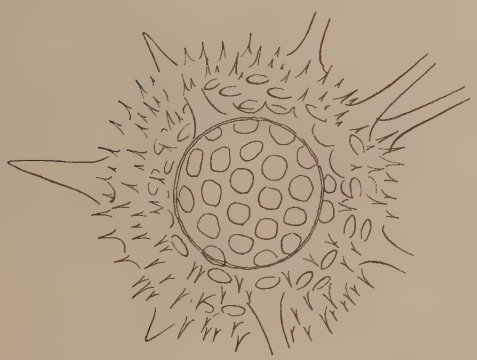


Fig. 197.

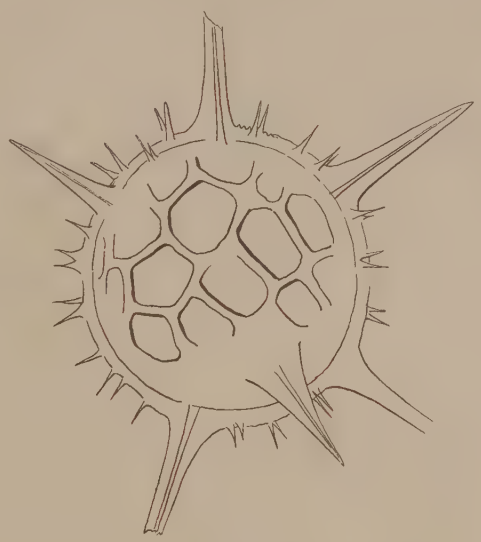


Fig. 198.

Fig. 197—198. Astrosphäriden aus tiefgehenden Schließnetzzügen der T.-St. 66 und 237. Skelettstruktur wegen des Weichkörpers nur zum Teil erkennbar.

viele der aus älteren Ablagerungen beschriebenen Cenosphären, Carposphären, Rhodosphären, Cromyosphären (Liosphäriden mit 1, 2, 3, 4 Gitterschalen) und manche andere in Wirklichkeit nichts anderes sind als Astrosphäriden, bei welchen die Neben- und vielleicht sogar die Hauptstacheln (vergl. Syst. Teil, S. 437, Textfig. 74) in der oben angegebenen Weise in Verlust gegangen sind. In diesem Falle würde aber, da aus der Tiefenfauna bisher nur Astrosphäriden, aber keine Liosphäriden bekannt sind, die Aehnlichkeit zwischen ihr und der fossilen Radiolarienwelt eine noch weit größere sein.

Im Systematischen Teile habe ich nur die mir zunächst zur Verfügung stehende paläontologische Litteratur berücksichtigt. Für den Nachweis, daß die tiefenlebende Sphärellarien- und Cyrtellarienfauna im ganzen einen altertümlichen Charakter besitzt, genügte schon die Heranziehung der tertiären, kretaceischen und jurassischen Formen. Indessen lockte es mich doch, den

Vergleich zwischen der Tiefenfauna und den fossilen Radiolarienfunden auf eine breitere Grundlage zu stellen, und ich habe mich daher bemüht, auch die Arbeiten über ältere, insbesondere über paläozoische Vorkommnisse möglichst vollzählig in die Hand zu bekommen. Es stellte sich nun heraus, daß die Tiefenfauna in noch viel höherem Maße, als ich anfänglich angenommen hatte, einen altertümlichen Charakter besitzt und daß einige zu ihr gehörige Gattungen ausgesprochene Dauertypen (im weiteren Sinne des Wortes)[1]) sind, insofern sie vom Paläozoikum an bis in die Jetztzeit ihren Habitus beibehalten haben.

In wahrscheinlich präcambrischen Schichten von Neu-Süd-Wales haben DAVID und HOWCHIN (1897, Taf. XXXIX) einige Radiolarienfunde gemacht, welche, soviel mir bekannt ist, abgesehen von einigen angefochtenen Beobachtungen CAYEUX', die ältesten bisher beschriebenen Vorkommnisse darstellen. Es handelt sich vor allem um sphärische, mindestens zweischalige Formen mit sehr dicken Radialbalken, welche wegen des Mangels an Radialstacheln vermutungsweise zu *Carposphaera* (s. oben) gestellt wurden, aber aus den angeführten Gründen sehr wohl zu den tiefenbewohnenden Astro- und Cubosphäriden Beziehungen haben könnten.

In untersilurischen (ordovicianischen) Schichten von Südschottland fand HINDE (1899, Taf. III, IV) eine Anzahl recht gut erhaltener Sphärellarien. Es treten unter anderem Liosphäriden, Staurosphäriden[2]) und Astrosphäriden (Acanthosphären, Haliommen) auf, deren Identität freilich, wegen der Schwierigkeit, auf Dünnschliffen Schalenform und Stachelzahl festzustellen, nicht immer sicher ist. So könnte vielleicht das *Haliomma vetustum* (Taf. III, Fig. 11) als eine *Heliodiscus*-Art gedeutet werden, und einige andere Formen (Taf. IV, Fig. 5, 10, 11) stehen möglicherweise mit *Hexacontium*-ähnlichen Cubosphäriden oder mit den oben (Textfig. 197, 198) abgebildeten, tiefenbewohnenden Astrosphäriden im Zusammenhang. Jedenfalls wird man HINDE zugeben müssen, daß seine silurischen Formen „do not differ in any striking respect from the existing forms".

Ein ganz ähnliches Bild gewähren nach RÜST (1892) die untersilurischen Schichten von Cabrières (Languedoc). Unter anderem werden erwähnt eine *Cenosphaera* (Taf. VI, Fig. 1), eine *Liosphaera* (Taf. VII, Fig. 6), die sich mit ihrer sekundären, äußeren Rindenschale an mehrere Formen der heutigen Tiefenfauna anschließt (Syst. Teil, S. 431), eine *Acanthosphaera* (Taf. XIII, Fig. 2), ein *Heliodiscus*.

Ueber die von ROTHPLETZ (1892) beschriebene obersilurische Sphärellarie aus Langenstriegis (Sachsen) vergl. den Syst. Teil (S. 443).

In unter- oder mitteldevonischen (? siluro-devonischen) Schichten von Neu-Süd-Wales ist DAVID (1897, Taf. XXXVIII) auf eine Radiolarienfauna gestoßen, welche vorzugsweise aus sehr derbwandigen, mehrschaligen, mit derben Radialbalken und einer verschiedenen Zahl von Radialstacheln versehenen Sphärellarien besteht und mit der Tiefenausbeute der „Valdivia" eine überraschende Aehnlichkeit zeigt.

Ebenso kehren in devonischen Ablagerungen von Neu-Süd-Wales nach HINDE (1899, Taf. VIII u. IX), sowie im mitteleuropäischen und uralischen Devon und Carbon nach RÜST (1892) neben verschiedenen offenbar ausgestorbenen Formen zahlreiche derbwandige Lio- und

1) Als Dauertypen im engeren Sinne würden persistierende Arten, als Dauertypen im weiteren Sinne persistierende Gattungen zu bezeichnen sein.

2) Sphärische Sphärellarien mit 4 kreuzweise gestellten Radialstacheln.

Astrosphäriden mit zum Teil mächtigen Radialbalken bezw. Radialstacheln (Cenosphären, Carposphären, Acanthosphären, Heliosphären, Heliosomen u. a.), sehr derbstachelige Cubo- und Stylosphäriden, sowie *Heliodiscus*-ähnliche Formen wieder. Auch verschiedene Cyrtellarien, darunter auch die im tiefgehenden Schließnetz erbeuteten Lithocampiden, treten in diesen Formationen stärker hervor.

Auch in älteren mesozoischen (triassischen) Schichten kommen die aufgezählten Dauertypen wieder zum Vorschein, wie die Beobachtungen lehren, welche Hinde (vergl. Jennings, 1899, S. 395, Anm. 1) in prä- oder untertriassischen Radiolarien-Hornsteinen von der Cotschna bei Klosters (Graubünden) und Rüst (1892) im Muschelkalk von Ungarn und vom Salzkammergut gemacht haben. Stellenweise treten auch hier noch kuglige Sphärellarien (Liosphäriden, bezw. einfacher gebaute Astrosphäriden) in den Vordergrund, wie ich mich selbst an einigen Stücken Radiolarien-Hornstein überzeugen konnte, die ich in diesem Jahr an der Cotschna gesammelt habe[1]), doch sind, wie auch Rüst (l. c. S. 119) hervorhebt, in allen diesen mesozoischen Gesteinen die Radiolarien viel weniger gut erhalten, als in den paläozoischen, so daß an eine genauere Bestimmung nicht gedacht werden kann.

So kann also mit noch mehr Recht, als dies schon im Systematischen Teil geschah, der Satz aufgestellt werden, daß die heutzutage in großen Tiefen lebende Fauna von Mikroradiolarien, insbesondere Sphärellarien, mit der, soweit sie uns erhalten ist, wahrscheinlich ebenfalls tiefenlebenden Radiolarienwelt des Tertiärs, des Mesozoikums und Paläozoikums eine große Uebereinstimmung zeigt, und daß insbesondere die Gattungen *Acanthosphaera, Haliomma, Hexacontium, Heliodiscus,* sowie mehrere Stylosphäriden den Charakter von ausgesprochenen Dauertypen aufweisen.

Wie aber bereits im Systematischen Teil (S. 435) erwähnt wurde, wäre es voreilig, wenn man annehmen wollte, daß nur die Tiefenbewohner diese Zähigkeit zeigen. Vielmehr muß man mit der Möglichkeit, bei vielen Gruppen sogar mit der Wahrscheinlichkeit rechnen, daß auch die zartschaligen Oberflächenbewohner aus den Abteilungen der Spumellarien und Nassellarien ein sehr hohes Alter besitzen, daß sie uns aber wegen der geringeren Resistenz der Skelette aus älteren Ablagerungen nicht überliefert worden sind. Aehnliches dürfte für die Tripyleen gelten. Sichere Reste sind allerdings aus fossilführenden Ablagerungen nicht bekannt (vergl. auch Rep., § 157), doch treten uns in den Darstellungen der Paläontologen wiederholt Formen entgegen, bei welchen an eine Zugehörigkeit zu den Tripyleen gedacht werden könnte. So wäre es immerhin nicht ausgeschlossen, daß einige von Hinde (1890, S. 56, Fig. i—l) abgebildete Fragmente zu Aulosphäriden- oder Sagosphäriden-ähnlichen Formen gehören, und ebenso mag bei einigen derbschaligen, von Rüst abgebildeten *Cenosphaera-, Acrosphaera-* und *Sphaeropyle*-Arten (1892, Taf. VI, Fig. 6; Taf. VII, Fig. 3, 5) an die Möglichkeit gedacht werden, daß man es mit Castanelliden zu thun hat. Jedenfalls läßt sich aber der Gegensatz, welcher bei dieser Gruppe zwischen der außerordentlichen Konstanz im Aufbau der hochdifferenzierten Centralkapsel einerseits und der großen Mannigfaltigkeit der Skelettbildungen andererseits wahrzunehmen ist, am besten verstehen, wenn man dem Hauptcharakter der Tripyleen, der Kapselstruktur (Syst. Teil, S. 2), ein sehr hohes Alter zuspricht.

1) Es handelt sich um rote, von weißen Quarz- oder Kalkspatadern durchzogene Hornsteine. Sie gehen an der Cotschna in rote Thonschiefer über (vergl. auch Jennings, 1899, S. 394).

Daß sich freilich trotz der außerordentlichen Konstanz, welche die Organisation der Radiolarien in vielen Fällen zeigt, im Laufe der geologischen Perioden der Bestand der Radiolarienwelt mehrfach verändert hat, und daß sich umfangreiche Artbildungsprozesse vollzogen haben, darauf weist nicht nur die Thatsache hin, daß verschiedene für das Paläozoikum charakteristische Formen später verschwinden (so nach RÜST, 1892, S. 119, manche sehr große und mit starken Kugelschalen ausgestattete Formen, ebenso die Triposphären HINDE's u. a.), sondern daß für einige Gruppen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ein verhältnismäßig spätes Auftreten nachgewiesen werden kann. So fehlen z. B. in den devonischen Ablagerungen von Neu-Süd-Wales die Cyrtellarien (HINDE, 1899, S. 45), während sie in den mesozoischen und tertiären Schichten sehr zahlreich sind und auch schon in den mitteleuropäischen und uralischen Devongesteinen eine gewisse Rolle spielen (RÜST, 1892), und ebenso scheinen die reicher verzweigten Astrosphäriden (Rhizoplegmen, Spongopilen) erst im Carbon zur Entfaltung gekommen zu sein (RÜST, 1892, Taf. XV, Fig. 1, 2).

Allgemeines über Variabilität.

Der großen Konstanz, mit welcher sich manche Radiolarientypen durch lange geologische Perioden hindurch forterhalten haben, steht in anderen Gruppen eine außerordentliche Variabilität der einzelnen Charaktere gegenüber. Namentlich bei den vielgestaltigen und kompliziert gebauten Skeletten der größeren Tripyleen giebt es wohl kaum ein äußeres, systematisch verwertbares Merkmal, welches nicht, bald in dieser, bald in jener Gruppe in hohem Maße variabel wäre, und auch bei den anderen Radiolariengruppen, welche ich untersucht habe, kehrt diese Erscheinung wieder, wenn ihr auch, entsprechend dem einfacheren Skelettbau, engere Grenzen gezogen sind.

Natürlich ist die Erscheinung der Variabilität, welche bei den Radiolarien wohl deutlicher als bei anderen Protozoengruppen[1]) hervortritt, den früheren Beobachtern nicht entgangen. Vor allem hat HAECKEL (Rep., § 156 u. a. a. O.) auf die große Veränderlichkeit vieler Formen und auf das Vorkommen zahlreicher „malae species“ oder „DARWIN'scher Arten“ hingewiesen und darin einen wichtigen Beweis für die allmähliche Transmutation der Arten im Sinne DARWIN's gesehen.

Wer heute, 20 Jahre nach dem Erscheinen des Reports, bei der Bearbeitung einer formenreichen Gruppe an das Kapitel der Variation herantritt, der sieht sich vor ein wesentlich komplizierteres Problem gestellt. Denn kein anderes Gebiet der Biologie befindet sich zur Zeit mehr im Stadium der Gärung und Umwälzung als die Variations- und Artbildungslehre. Insbesondere unter dem Einfluß der Arbeiten von H. DE VRIES sind die Begriffe in den letzten Jahren in mannigfacher Weise geschieden und verschoben worden, und vor allem fehlt dem Oberbegriff, dem der Variabilität selber, eine allgemeiner anerkannte Fassung[2]). Wenn nun auch die Botaniker und Pflanzenzüchter, dank ihrem günstigeren Objekt, bereits beginnen, festeren Boden unter sich zu fühlen, befindet sich die Zoologie noch in den Anfangsstadien der Bewegung.

---

1) Angaben über Variabilität bei polythalamen Thalamophoren finden sich bei RHUMBLER (1901 u. a. a. O.), über die der monothalamen bei REUKAUF (1905).

2) So sagt auch H. DE VRIES (1901, S. 32); „Nichts ist variabler als die Bedeutung des Wortes Variabilität.“

Praktisch äußert sich dies darin, daß bei der Behandlung des Gegenstandes die Beobachtungen nicht von vornherein von bewährten Gesichtspunkten aus gruppiert werden können, sondern daß mehr, als dies vielleicht in anderen Kapiteln der Fall ist, die sachliche Aufzählung und Besprechung der Einzelbefunde von ihrer theoretischen Beurteilung getrennt werden muß.

Wir werden daher zunächst mit der Frage zu beginnen haben: welche Charaktere der Radiolarien sind variabel im allgemeinsten Sinne des Wortes, d. h. in der Weise, daß sie innerhalb der kleinsten, noch scharf abgrenzbaren Individuen- und Formengruppen, also der Linné'schen Arten oder Großarten[1]), merkliche Abänderungen morphologischer oder physiologischer Natur zeigen?

Bei dieser Definition dürfte der Begriff „Variabilität", wie ich vorausschicken möchte, alle zur Zeit in Diskussion befindlichen Formen von Variationen und Mutationen umfassen, nämlich die Somationen [d. h. die nichterblichen Ernährungs- und Standortsmodifikationen[2]], die echten Monstrositäten (d. h. die pathologischen Abweichungen, soweit sie nicht als Entwicklungshemmungen einfacherer Art zu betrachten und unter die retrogressiven Mutationen zu zählen sind), die fluktuierenden Variationen, die retrogressiven und degressiven Mutationen, welche vielleicht als Partialmutationen[3]) zusammengefaßt werden können, die Halb- und Mittelrassen de Vries' und die Totalmutationen vom *Oenothera*-Typus (progressive Mutationen de Vries').

Eine zweite Frage, welche ebenfalls zum Teil noch auf dem Wege der Beobachtung behandelt werden kann, lautet: auf welchen Abweichungen vom normalen Verlauf der Ontogenese beruhen die einzelnen zur Beobachtung gelangten Formen der Variabilität, und durch welche (innere und äußere) Faktoren sind jene Abweichungen bedingt?

Daran reiht sich die dritte Frage: welcher der oben aufgezählten Kategorien sind die beobachteten Variationen einzureihen?, sowie die freilich auf unserem Gebiete nur mit großer Vorsicht zu beantwortende Schlußfrage: welche Variationen sind bei den Radiolarien als artbildend zu betrachten?

Die beobachteten Variationen.

Unter den Variationen im oben erwähnten, allgemeinsten Sinne des Wortes haben einige, nämlich die sämtlichen pathologischen Vorkommnisse (sowohl echte Monstrositäten wie Entwicklungshemmungen), bereits früher eine Besprechung gefunden. Alle anderen Variationen sens. latiss. sollen in folgender Zusammenfassung vorläufig miteinander vereinigt werden, wobei jedoch gleich von vornherein (nicht um einen neuen Vorschlag zu machen, sondern ausschließlich für den augenblicklichen Zweck dieser Arbeit) diejenigen Variationen, welche unter natürlichen Bedingungen auch innerhalb engster Verwandtschaftskreise (bei Geschwistern, bei aufeinander folgenden Generationen) nebeneinander auftreten können, als Variationen ersten Grades (primäre Variationen) bezeichnet werden. In einigen Fällen läßt sich auch bei den Radio-

1) Vergl. H. de Vries, 1901, S. 117; Fruhwirth, 1905, S. 10; sowie auch Döderlein, 1902, S. 401.
2) Vergl. Plate, 1908, S. 52.
3) Vergl. 1908, S. 362. Plate (1908) hat für diese Gruppe die Bezeichnung Sprungblastovariationen vorgeschlagen.

larien, trotz mangelnder Experimentaluntersuchung, wirklich nachweisen, daß bestimmte Variationen einen primären Charakter haben, dann nämlich, wenn für die Träger dieser Varianten eine genetische Zusammengehörigkeit festgestellt werden kann (Einzeltiere einer Kolonie), oder wenn es sich um sogenannte partielle Variationen handelt, also um Unterschiede zwischen homonomen, vielfach nacheinander zur Entwicklung gelangenden Organen eines Individuums (Radialstacheln der Aulacanthiden, die beiden Halbschalen der Conchariden). In anderen Fällen bildet das gleichzeitige Vorkommen mehrerer Variationen an einer und derselben Oertlichkeit wenigstens einen Hinweis auf ihren primären Charakter. Variationen zweiten Grades (sekundäre Variationen) werde ich solche nennen, welche mit der typischen Form sicher ebenfalls in genetischem Zusammenhang stehen, die aber in der Gegenwart vorzugsweise bei räumlich getrennten Individuen (geographisch lokalisierten Formen) wahrzunehmen sind.

Nach rein äußerlichen Gesichtspunkten können die bei den Radiolarien vorkommenden Variationen in folgender Weise gruppiert werden:

1) Größen-Variationen. Größenunterschiede in Form von primären oder auch von sekundären Variationen finden sich in allen Tripyleengruppen und wurden auch bei Sphärellarien vielfach beobachtet. Sie treten namentlich bei allen denjenigen Formen deutlich hervor, welche eine geschlossene, eines weiteren Wachstums nicht mehr fähige Schale besitzen, während bei den Phäodiniden und vielleicht auch bei den Aulacanthiden die vorgefundenen Größendifferenzen zum Teil auf Altersunterschieden beruhen (Syst. Teil, S. 9, 49). Vor allem zeigen die meisten Challengeriden Größenunterschiede ausgesprochen individueller Natur (vergl. S. 564, Tabelle).

Bei Formen mit isolierten Skelettstücken können letztere ebenfalls eine beträchtliche partielle Variabilität aufweisen. Erwähnt seien vor allem die Conchariden (z. B. *Conchidium rhynchonella*, Taf. LX, Fig. 464), deren Halbschalen vielfach von ungleicher Größe sind, sowie *Thalassoxanthium mixtum* (Syst. Teil, S. 395, Textfig. 51), bei welchem die Einzelstrahlen der Spicula zwischen wenigen Hunderstelmillimetern und 0,5—0,6 mm schwanken.

Ob die Größenvariationen dem QUÉTELET'schen Gesetze folgen und sich also durch GALTON-Kurven darstellen lassen, und ob z. B. für Formen, welche in eine Zwerg- und Riesenrasse zerfallen (*Aulacantha scolymantha* u. a.) eine ausgesprochen zweizipfelige Kurve Giltigkeit hat, habe ich nicht ermittelt.

2) Formvariationen. Abweichungen in der Gestalt der Schale wurden bei allen von mir untersuchten Radiolariengruppen gefunden und tragen, da vielfach am gleichen Fundorte alle möglichen Uebergänge zur Beobachtung kamen, mindestens in sehr vielen Fällen den Charakter von primären Variationen. Vielfach kann auf Grund von Schwankungen sicherlich primärer Natur eine stereometrische „Grundform" in die andere übergeführt werden: so finden sich bei manchen Aulosphäriden und Castanelliden Uebergänge von der normalen Kugelgestalt zur monaxonen Ei- oder breiten Birnenform (Taf. XXXIV, Fig. 260; Taf. XXXVII, Fig. 283). Solche Fälle mahnen zur Vorsicht bezüglich der systematischen Verwertung der Gesamtform, und bei einer Revision des Systems speciell der Sphärellarien wird sicher diesen Verhältnissen Rechnung getragen werden müssen (vergl. Syst. Teil, S. 440).

Bemerkenswerte Formvariationen, sei es primärer, sei es sekundärer Art, weisen namentlich folgende Tripyleen auf:

Aulosphaera bisternaria (kuglige, ellipsoidische oder ovale, birn- oder ballonförmige, seltener annähernd spindelförmige Varianten), *Sagenoarium Chuni* (breit-ovale, birnen-, spindel- und herzförmige Typen, vergl. Taf. XLVII, Fig. 362, 364, 366), *Tuscarantha Braueri* (vierseitig-pyramidale, dreiseitig-pyramidale und dreieckig-schildförmige Gehäuse, Taf. XXVII, Fig. 209, 210), *Tuscarantha Luciae* (bedeutende Abweichungen in der Linienführung der ballonförmigen Schale, Taf. XXVI, Fig. 205, 206; Taf. XXVII, Fig. 207), *Challengeria Naresi* (kreisförmige und ovale

Fig. 199. Verschiedene Typen von *Coelographis regina*.

Schalenumrisse, Taf. XLVIII, Fig. 370; Taf. XLIX, Fig. 377), *Protocystis Macleari* (Schalenumriß annähernd kreisförmig oder leicht spiralig eingerollt, der Dreiecksform sich nähernd, Taf. L, Fig. 410), sowie endlich *Coelographis regina* mit ihren mannigfachen Schalentypen (Textfig. 199).

Primäre Formvariationen partieller Art finden sich bei den Aulacanthiden. Abgesehen von der variablen Zahl der Aeste, auf welche unten besonders eingegangen werden soll, zeigen die Radialstacheln desselben Individuums häufig mannigfache Formverschiedenheiten, welche aller-

dings zum Teil den Charakter von Entwicklungshemmungen verschiedenen Grades haben (Kuppennadeln von *Aulospathis,* S. 601, Textfig. 178, u. a.), zum Teil aber wirkliche Partialvariationen darstellen. Zu letzteren gehören nach meiner Ansicht insbesondere die verschiedenartigen Stacheltypen von *Aulokleptes* (Taf. VI; Taf. XLII—XLIII).

Vielleicht wäre es möglich, auf irgend eine Weise die Formschwankungen, insbesondere die oben erwähnten Variationen der Gesamtgestalt, graphisch darzustellen und auf diese Weise in ihre Natur weiter einzudringen.

3) Variationen der Masse und der feineren Struktur der Skelettsubstanz. Die Masse der abgeschiedenen Skelettsubstanz und damit die Derbheit der Skeletteile ist großen Schwankungen, welche sicher zum Teil primärer Art sind, unterworfen. So zeigt bei einzelnen *Castanidium*-Arten und ebenso bei *Oroscena regalis* die Dicke der Skelettbalken eine sehr beträchtliche Variabilität (Syst. Teil, S. 410, Textfig. 65—68), und das gleiche gilt für die Wandung der Hohlstacheln der Aulacanthiden.

In den Fällen, in welchen man am Skelette eine äußere Lage („primäre Kieselrinde" bei komplizierter gebauten Aulacanthidenstacheln, „Grenzlamellen" bei gehäuseähnlichen Skeletten) und eine Füllsubstanz zu unterscheiden hat, ist nicht nur die Dicke der ersteren, sondern auch die Spongiosastruktur der letzteren primär und sekundär veränderlich. Beispielsweise kann im Formenkreis der *Tuscarilla nationalis-scutellum* die Spongiosa bald grobschaumiger, bald feinschaumiger sein, wie der Vergleich einer von BORGERT (1905, Taf. IX, Fig. 4) gegebenen, auf die atlantische *T. nationalis* bezüglichen Abbildung mit dem von einer südindischen Form *(T. scutellum)* stammenden Schalendurchschnitt (Taf. XXIV, Fig. 184) zeigt; ebenso variiert bei *Challengeria Naresi* die Form der Porenkämmerchen (Syst. Teil, S. 247, Textfig. 28), bei *Protocystis Thomsoni* die Struktur des „Palissadenkörpers" (S. 256, Textfig. 30); bei den beiden einander sehr nahestehenden, im „Valdivia"-Material gefundenen *Atlanticella*-Arten zeigen die taschenförmigen Kämmerchen der Radialstacheln sehr verschiedene Struktur- und Anordnungsverhältnisse (S. 291, Textfig. 34), und ähnliche Unterschiede primärer und sekundärer Art ließen sich noch für die Füllsubstanz zahlreicher anderer Formen nachweisen.

Es sei im Zusammenhang damit noch auf die Aulacanthidenstacheln hingewiesen, in deren distalen Partien die gallertige Füllung vielfach durch „sekundäre Kieselsubstanz" ersetzt sein kann. Zuweilen mag es sich auch hier um Variationen sekundärer oder sogar primärer Art handeln, z. B. wenn wir sehen, daß bei *Aulophyton tetronyx* IMMERMANN die Terminaläste hohl, bei der im übrigen ganz gleichgestalteten *Aulographis uncinata* dagegen massiv, d. h. mit sekundärer Kieselsubstanz ausgefüllt sind (vergl. Syst. Teil, S. 32, sowie IMMERMANN, 1904, Taf. VI, Fig. 10, und Taf. V, Fig. 8). Variationen primärer Art sind es jedenfalls, wenn bei verschiedenen Formen von *Auloceros* der Achsenkanal der Terminaläste bald deutlich erhalten, bald vollkommen verschwunden ist (Taf. III).

4) Variationen der Weite und des Abstandes der Poren. Zum Teil in Abhängigkeit von den Größenvariationen, so bei den Aulosphäriden, zum Teil unabhängig davon, wie z. B. bei vielen Castanelliden, gehen beträchtliche Schwankungen in der Weite, im gegenseitigen Abstand und damit auch in der Zahl der Poren der Gitterschale. Namentlich bei verschiedenen *Castanidium*-Arten treten große Differenzen in der Porenweite auf, und zwar sind nicht nur die Poren an einem und demselben Individuum von sehr variabler Größe (Taf. XXXVII,

Fig. 282, 283), sondern es können auch nebeneinander erbeutete, offenbar zu einer Art gehörige Individuen beträchtliche Unterschiede aufweisen. Ferner können die Poren bald näher zusammengedrängt sein, bald entfernter voneinander stehen, so daß das Verhältnis von Porenweite und Balkendicke ebenfalls ein sehr wechselndes ist.

Daß bei diesen Verhältnissen Unterschiede primärer Art eine große Rolle spielen dürften, wird durch einige Conchariden bewiesen, bei welchen die beiden Halbschalen bei gleicher oder ungleicher Größe und Gestalt in vielen Fällen eine sehr verschiedenartige Beschaffenheit der Poren zeigen. Besonders deutlich tritt eine solche bei dem allerdings teilweise monströsen Exemplar von *Conchopsis pilidium* hervor, welches in Fig. 486 (Taf. LXII) abgebildet ist, aber auch bei zahlreichen normalen Individuen mehrerer *Conchopsis*- und *Conchidium*-Arten sind ähnliche Gegensätze zu bemerken. Bei dem in Fig. 463 (Taf. LX) wiedergegebenen *Conchidium terebratula thecidium* erstreckt sich der Unterschied der beiden Halbschalen auch auf die ganze Anordnung der Poren, sowie auf die zwischen den Porenreihen sich erhebenden Cristen, welche bei der einen Schale vorhanden sind, bei der anderen dagegen fehlen.

Sehr variabel ist auch die Zahl der Basalporen, welche sich im Umkreis der Stachelwurzeln der Circoporiden und Tuscaroriden finden und, wie wir sahen, den Poren der Castanelliden homolog sind (vergl. z. B. Taf. XX, Fig. 176, 177), und ebenso sind die Porengänge der Tuscaroriden, welche, wie im ontogenetischen Teile gezeigt wurde, höchst wahrscheinlich Bildungen anderer Art darstellen, offenbar nach Zahl und Anordnung größeren Schwankungen unterworfen (vergl. im Syst. Teil, S. 189, die Bemerkungen zu *Tuscarilla nationalis*).

5) Variationen der Bedornung. Bei denjenigen Formen, bei welchen die Radialstacheln oder die Balken der Gitterschale eine unregelmäßige Bedornung aufweisen, kann letztere in sehr verschiedenem Grade ausgebildet sein. So finden sich z. B. bei den Tuscaroriden in dieser Hinsicht beträchtliche, offenbar individuelle Unterschiede. Unter anderem sei auf *Tuscaridium cygneum* hingewiesen (Taf. XXVI, Fig. 204), welches von Haeckel hauptsächlich unter Berücksichtigung der wechselnden Bedornung des Peristoms und der Radialstacheln unter zwei Artbezeichnungen beschrieben worden ist.

Auch bei *Oroscena regalis* gehen mit Variationen der Maschenweite und Balkendicke beträchtliche Unterschiede in der Bedornung Hand in Hand, und zwar derart, daß im allgemeinen die Individuen mit großen Maschen und dünnen Gitterbalken eine reichlichere, diejenigen mit engen Lücken und derben Balken eine schwächere Bedornung aufweisen (Syst. Teil, S. 410, Textfig. 65—67, sowie S. 427). Möglicherweise handelt es sich hier nicht um eigentlich individuelle Verschiedenheiten, sondern um solche ontogenetischer Art.

6) Variationen der Zahl der radiären Skelettelemente. Die Zahl der Radialstacheln ist bedeutenden und zwar sicher vielfach primären Schwankungen unterworfen, doch kommen bei den Aulacanthiden auch Unterschiede ontogenetischer Art in Betracht. Nur bei der Mehrzahl der Circoporiden ist die Zahl der Stacheln aus statischen Gründen, im Zusammenhang mit der regelmäßig polyëdrischen Ausgestaltung der Schale, streng fixiert worden und hat die Bedeutung eines Artmerkmals gewonnen.

Bei den meisten Formen mit ausgesprochener Gitterschale (Aulosphäriden, Sagosphäriden, Castanelliden, Sphärellarien) erhebt sich in jedem Knotenpunkt je ein Radialstachel. Die Zahl der Radialstacheln ist demnach von der weiteren oder engeren Beschaffenheit des Gitterwerkes

abhängig. Doch kommen auch Abweichungen nach der einen und nach der anderen Richtung vor: so tragen z. B. unter den Aulosphäriden die Auloscenen nur auf denjenigen Knotenpunkten Radialstacheln, welche die Spitzen der pyramidenförmigen Schalenerhebungen bilden (S. 485, Textfig. 109), andererseits giebt es Castanelliden, bei welchen eine Art Wucherung der radialen Skelettelemente in der Weise stattgefunden hat, daß sich auf jedem Knotenpunkte der Schale 2 oder 3 Nebendornen erheben (Taf. XXXIV, Fig. 257). Bezüglich des Auftretens vollkommen stachelloser Varianten sei auf das früher Gesagte (S. 596) verwiesen.

Ist eine Differenzierung der radiären Skelettelemente in Hauptstacheln und Nebendornen eingetreten, wie bei den Castanelliden unter den Tripyleen und bei den Astrosphäriden unter den Sphärellarien, so kann das zahlenmäßige Verhältnis zwischen beiden Typen ein wechselndes sein (vergl. verschiedene Formen von *Castanidium*, Taf. XXXVI, Fig. 273, 274 u. a.).

Auch gewisse, besondere Modifikationen der Radialstacheln, so die Pylomstacheln mehrerer *Castanidium*- und die Pylomzähne der *Castanella*-Arten (Taf. XXXVII, Fig. 283; Taf. XXXIV, Fig. 260—265), die Randstacheln vieler Challengeriden und diejenigen von *Heliodiscus* (Taf. LXXX, Fig. 578—580), sind hinsichtlich ihrer Zahl variabel.

Ein besonderes theoretisches Interesse dürften diejenigen Zahlenschwankungen besitzen, welche sich bei den mit einer geringen Zahl hochdifferenzierter Radialstacheln ausgestatteten Formen vorfinden. Diese Varianten, die ich in meiner ersten Mitteilung (1904) in vorläufiger Weise als Stachelmutanten bezeichnet habe, sind, abgesehen von einigen Circoporiden und Challengeriden, hauptsächlich bei den Tuscaroriden zu beobachten. Sie erstrecken sich hier sowohl auf die oralen, wie auf die aboralen Radialstacheln, und zwar kann die Zahl der ersteren und letzteren, wie namentlich *Tuscarilla campanella* (Taf. XXV, Fig. 193—195) zeigt, unabhängig variieren.

Bei jeder Species bilden die vorkommenden Varianten eine einfache, aus 2, 3 oder 4 aufeinander folgenden Zahlen bestehende Reihe, und zwar sind die mittleren Zahlen stets am häufigsten vertreten, während die Extreme seltenere Abweichungen bilden. Die Varianten folgen also dem QUÉTELET'schen Gesetz, und ihr Häufigkeitsverhältnis läßt sich durch ein Variationspolygon oder eine GALTON-Kurve darstellen. So erhält man z. B. ein typisches (annähernd symmetrisches) Häufigkeitspolygon (Textfig. 200), wenn man die Anzahl der 2-, 3-, 4- und 5-stacheligen Individuen von *Tuscaretta tubulosa* (S. 582, Textfig. 165) als Ordinaten, die Stachelzahl als Abscissen aufträgt. Leider stehen mir keine vollständig genauen Zahlenangaben für das ganze von der „Valdivia" befischte Gebiet zur Verfügung, da eine größere Anzahl namentlich indischer *tubulosa*-Exemplare bereits in Schnitte zerlegt war, ehe ich mich mit dem Variationsprobleme genauer beschäftigte. Das Häufigkeitspolygon (Textfig. 200) bezieht sich daher nur auf die im tropischen Atlantik und im Benguelastrom erbeuteten Exemplare, und auch für diese war es nicht möglich, eine absolute Genauigkeit zu erzielen, da für die Stationen 73 und 74 nur das ungefähre Zahlenverhältnis der 3- und 4-stacheligen Exemplare feststeht [1]). Trotz dieser Mängel dürfte aber das Polygon ein im allgemeinen zutreffendes Bild von dem Häufigkeitsverhältnis der verschiedenen Varianten geben.

1) Ich habe bei der Herstellung des Polygons für St. 73 10 3-stachelige und 6 4-stachelige, für St. 74 je 9 3- und 4-stachelige Individuen berechnet (vergl. Syst. Teil, S. 235, Tabelle).

Ein ähnliches Bild erhält man, wenn man für *Tuscarantha Braueri* die GALTON-Kurve aufstellt (Textfig. 201). Von dieser Tuscaroride besitze ich genaue Notizen bezüglich der Individuenzahl, welche die einzelnen Varianten in der „Valdivia"-Ausbeute zeigten: es waren 9 Individuen mit 2 Aboralstacheln, ein intermediäres Individuum (mit dreikantigem Gehäuse, aber mit nur 2 Aboralstacheln), 24 3-stachelige Individuen und ein 4-stacheliges. Trägt man in diesem Falle ähnlich, wie dies DE VRIES (1903, S. 217, Fig. 29) in seiner Besprechung der tricotylen Keimpflanzen getan hat, auch die Zahl der intermediären Vorkommnisse als eine besondere Ordinate ein, so erhält man eine zweigipflige Kurve, in welcher das Hauptmaximum durch die 3-strahlige, ein Nebenmaximum durch die 2-strahlige Variante gebildet wird.

Die Stachelvarianten der Tuscaroriden haben in einigen Fällen sicher den Wert von primären Abänderungen. Dies wird bewiesen durch die wiederholt herangezogene (unvollständige) Kolonie von *Tuscaretta globosa Chuni,* in welcher 4 5-strahlige Individuen mit einem 6-strahligen durch eine gemeinsame Gitterschale verbunden waren. Da diese Individuen von einem und demselben Mutterindividuum abstammen müssen, so ist in diesem Fall die Variabilität als eine individuelle festgestellt.

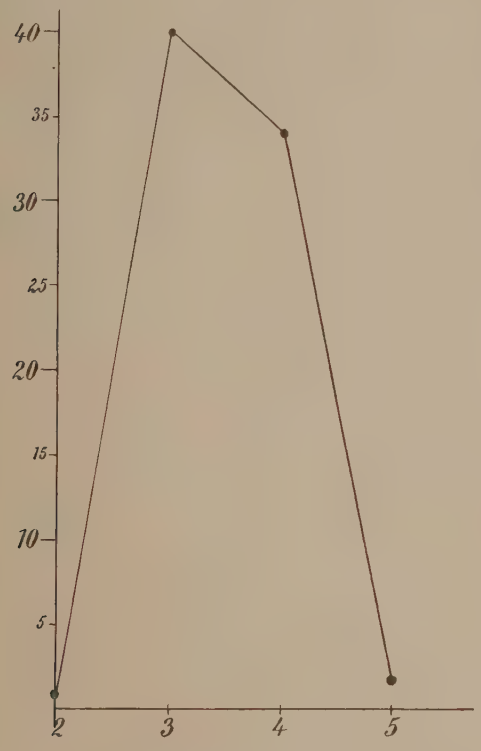


Fig. 200.

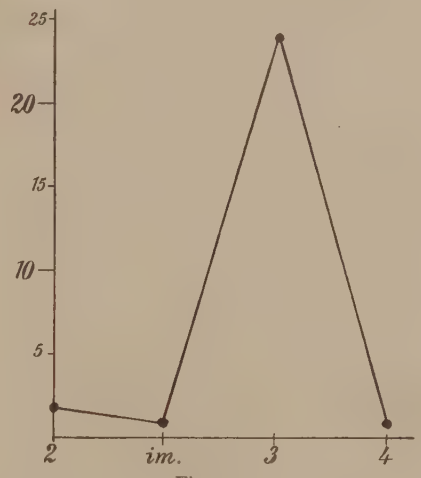


Fig. 201.

Fig. 200. Häufigkeitspolygon für *Tuscaretta tubulosa* (Atlantik und Benguelastrom). Die Abscissen geben die Zahl der Aboralstacheln, die Ordinaten die Individuenzahl an.

Fig. 201. Häufigkeitspolygon für *Tuscaretta Braueri.* im = Intermediärform.

Daneben läßt sich aber zeigen, daß beim Uebergang aus den wärmeren Meeren in die kälteren Gebiete die Zahl der Radialstacheln zunimmt, so daß eine allmähliche Verschiebung des Kurven-Maximums stattfindet, wenn man die Variationsverhältnisse der nämlichen Art an verschiedenen Fundorten graphisch darstellt. So würde man z. B. von *Tuscaretta tubulosa* zwei Kurven mit dem Maximum bei *3,* bezw. bei *4* erhalten, wenn man einerseits die tropisch-atlantischen, andererseits die Individuen des Benguelastromes ins Auge fassen würde, und ebenso

würden die zwei Varianten von *T. globosa* (die südatlantische und die antarktische) zwei nebeneinanderliegende und ineinander geschobene Kurven mit den Maximis in *4* und *5* liefern.

7) Weitere Variationen der Radialstacheln. Die radiären Skelettelemente (Hauptstacheln, Nebendornen) zeigen außer in der Zahl auch in verschiedenen anderen Verhältnissen erhebliche, jedenfalls großenteils primäre Schwankungen. So kann z. B. ihre Anordnung variieren, indem speciell bei Castanelliden *(Castanidium sol)* an der Pylomseite der Schale eine dichtere Häufung zu stande kommt. Ferner findet man Abweichungen in der Wachstumsrichtung der Stacheln, indem z. B. bei *Tuscarantha Luciae* (Taf. XXVI, Fig. 205), *Euphysetta elegans* (Taf. LIII, Fig. 435) u. a. die Apicalstacheln entweder in der Richtung der Hauptachse liegen oder einen Winkel mit dieser bilden. Sehr beträchtliche Schwankungen zeigt auch die Länge der Stacheln, z. B. bei manchen Castanelliden *(Castanidium longispinum)*, sowie bei den Häckelianen, Planktonetten und Cölodendriden, und ebenso kann ihr Verlauf größere oder geringere Abweichungen von der Geraden zeigen. So treten schlangenartige Krümmungen bei *Castanidium Moseleyi* (Taf. XXXIX, Fig. 294) und ebenso bei *Oroscena regalis* offenbar als primäre Variationen auf, während spiralige (schraubenförmige) Drehungen, den „Zwangsdrehungen" bei Pflanzenstengeln vergleichbar (vergl. DE VRIES, 1903, S. 230), beim Apicalhorn von *Lamprocyclas maritalis* beobachtet wurden.

Endlich sei hervorgehoben, daß auch die blasigen Auftreibungen der Stachelspitze und ebenso die pyramidenähnlichen Basalsockel der Radialstacheln in sehr verschiedenem Grade ausgebildet sein können, so erstere bei *Aulospathis variabilis bifurca* (Taf. VII, Fig. 72—75), letztere bei den Varianten von *Castanidium Moseleyi* (vergl. Taf. XXXIX, Fig. 293, 294).

8) Variationen der Verzweigung der Radialstacheln. Die theoretisch wichtigsten Variationen sind, abgesehen von den Zahlenschwankungen der Radialstacheln, die Abweichungen in ihrer Verzweigungsweise. Denn erstens lassen sich diese Veränderungen, wenigstens in vielen Fällen, zahlenmäßig zum Ausdruck bringen, und ferner finden sich starke Anklänge an bekannte Erscheinungen auf botanischem Gebiete, so daß auch bei der theoretischen Erörterung an einzelne Grundanschauungen und Ergebnisse der Botaniker angeknüpft werden kann.

Die Zahl der möglichen und thatsächlich vorkommenden Variationen ist infolge der mannigfaltigen und häufig sehr komplizierten Verhältnisse, welche die Verzweigung der Radialstacheln zeigt, eine sehr große. Es sollen daher, um die Uebersicht zu erleichtern, die Variationen der einzelnen Verzweigungstypen gesondert besprochen werden.

In einem früheren Kapitel wurden zunächst drei Hauptverzweigungstypen unterschieden: der dichotome Typus, der Doldentypus und der monopodiale oder Aehrentypus. Neben diesen kommen aber einige andere Verzweigungsformen vor, welche zum größten Teil auch von den Botanikern als besondere Typen unterschieden werden.

a) Variationen des dichotomen Typus. Die Dichotomie tritt besonders schön bei den Radialstacheln einiger Cölodendriden hervor, so in sehr regelmäßiger Weise bei *Coelodendrum lappaceum* (Textfig. 202). Bei dieser Form ist die Zahl der Gabelungen ziemlich genau fixiert, indem sie bei den Nasal- und Hauptseitendendriten 7, bei den Postnasaldendriten 5—6 beträgt, dagegen macht sich bei anderen Formen in dieser Richtung eine beträchtliche Variabilität geltend. So kann z. B. bei den häufigsten *Coelodendrum*-Arten, bei *C. ramosissimum* und *furca-*

tissimum, die Zahl der Gabelungen an den einzelnen Dendriten zwischen 4 und 6, bezw. zwischen 6 und 9 schwanken.

Auch bei Radialstacheln mit dichotomisch gegabelten Terminalästen lassen sich derartige Schwankungen beobachten, so bei *Auloceros arborescens* und bei mehreren *Coelographis*- und *Coelodecas*-Arten.

b) Uebergänge zur Trichotomie. Nicht selten, so vor allem bei *Coelechinus wapiticornis* (Taf. LXX, Fig. 518, 519, 521) und bei *Cytocladus tricladus* (Syst. Teil, S. 407, Textfig. 63) ist zu bemerken, daß in solchen Formengruppen, welche sonst eine ausgesprochene dichotomische Verzweigungsweise zeigen, die Tendenz hervortritt, zur Trichotomie überzugehen, und zwar in der Weise, daß die beiden primären Aeste sich ungleich verhalten. Der eine gabelt sich regelmäßig dichotomisch weiter, während der andere unmittelbar über dem primären Gabelpunkt sich in zwei Aeste spaltet, die sich ihrerseits regelmäßig dichotomisch verzweigen. Der Abstand der zweiten, unsymmetrischen von der ersten Gablung ist bei den verschiedenen Radialstacheln desselben Individuums variabel (Textfig. 63a u. b), in einzelnen Fällen (Taf. LXX, Fig. 518) können auch alle 3 Aeste von einem Punkte abgehen, so daß eine wirkliche Trichotomie zu stande kommt, deren ursprüngliche Natur aber stets an anderen Teilen des Skelettes deutlich erkennbar ist.

Fig. 202. Postnasaldendrit von *Coelodendrum lappaceum.*

c) Variationen des reinen Doldentypus. Beim Doldentypus, wie er z. B. in besonders ausgeprägter Weise durch einige *Aulographonium*-Arten (S. 484, Textfig. 108; S. 504, Textfig. 137) repräsentiert wird, kommen namentlich hinsichtlich der Zahl der Terminaläste beträchtliche Schwankungen, namentlich auch sogenannte partielle (d. h. auf die einzelnen Radialstacheln desselben Individuums sich erstreckende) Variationen vor. Die Zahlenschwankungen folgen dem Quételetschen Gesetze, wie in vielen Fällen schon der Augenschein lehrt, z. B. wenn bei Exemplaren der typischen *Aulospathis variabilis bifurca* vorzugsweise zweizinkige Stacheln (Taf. VII, Fig. 75), daneben aber einige dreizinkige (Taf. VII, Fig. 72) und einzelne, mit einem Terminalast ausgestattete (Taf. VI, Fig. 67) auftreten. Die genaue Zählung der einzelnen Stachelformen ermöglicht die Aufstellung einer Galton-Kurve, wie eine solche z. B. für ein Exemplar von *Aulospathis variabilis diodon-triodon* aus der antarktischen Station 149 in Textfig. 203 (feinpunktierte Linie *b*) wiedergegeben ist. Das betreffende Exemplar besaß 3 Radialstacheln mit

„Kuppennadeln“ (ohne Terminaläste), 7 mit 1 rudimentären Terminalast, 20[1]) mit 2, 13 mit 3, 3 mit 4 Terminalästen.

Ist die Zahl der Terminaläste, aus welchen die Dolde zusammengesetzt ist, sehr groß, so findet man zuweilen, daß die Aeste deutlich paarig angeordnet sind, so z. B. bei *Auloscena verticillus* (Taf. XIII, Fig. 136; S. 485, Textfig. 110), eine Erscheinung, die bei den Quirlen mehretagiger Radialstacheln (s. unten) wiederkehrt und anzudeuten scheint, daß die vielstrahligen Dolden morphogenetisch auf wenigstrahlige Formen mit teilweise gegabelten Aesten zurückzuführen sind. Auf den Weg, den dieser Umbildungsprozeß genommen hat, würden unter anderem auch die Terminalbildungen einiger Cölodendriden, insbesondere von *Coelographis antarctica* und *coronata* (Taf. LXVII, Fig. 500 u. 504), hinweisen. Im Zusammenhang damit steht wohl auch die Erscheinung, daß eine der häufigsten Variationen, der man bei doldenförmigen Radialstacheln begegnet, in der Gabelung einiger weniger Terminaläste besteht. Es sei hier nur auf *Aulographis pandora, Aul. pentastyla* (Taf. I, Fig. 8), *Aulographonium pulvinatum* (Taf. XLIII, Fig. 317a), *Aulospathis variabilis* (Taf. VII, Fig. 84) hingewiesen. Das häufige Auftreten dieser unsymmetrischen Gablungen erweckt den Eindruck, als ob eine mühsam zurückgehaltene Tendenz zu weiterer Teilung immer wieder da und dort zum Durchbruch käme.

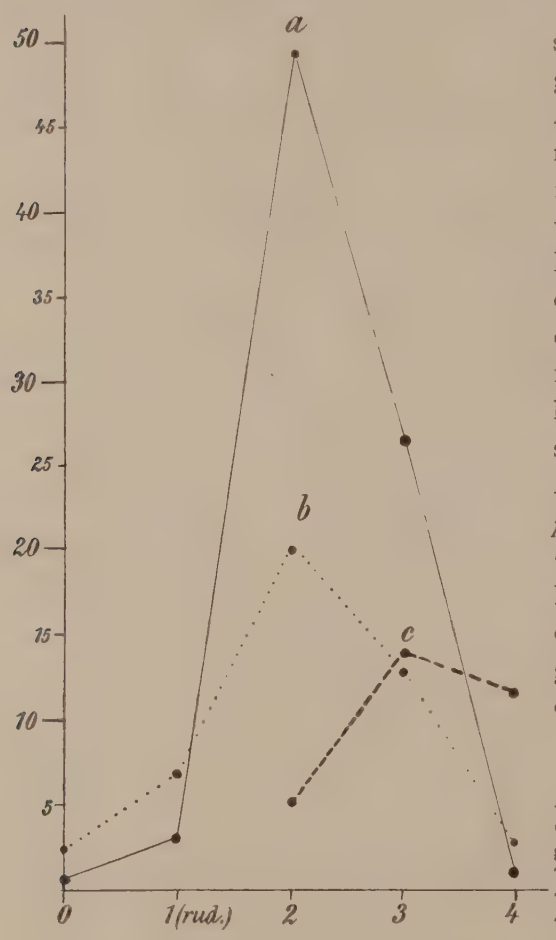


Fig. 203. Häufigkeitspolygon für die Radialstacheln von *Aulospathis variabilis*. Die Abscissen geben die Zahl der Terminaläste, die Ordinaten die Zahl der Radialstacheln eines Individiums an. a (ausgezogene Linie) bezieht sich auf ein Exemplar (var. triodon-diodon) aus T.-St. 149, b (punktierte Linie) auf ein Exemplar (triodon-diodon) aus T.-St. 145, c (gestrichelte Linie) auf ein Exemplar (tetrodon-triodon) aus T.-St. 41.

Außer der Zahl der Terminaläste sieht man auch deren Richtung (Abgangswinkel) beträchtlichen Schwankungen unterworfen, so namentlich bei den *Aulographis*-Arten aus der *Tetrastyla*- und *Tetrancistra*-Gruppe (Taf. I, Fig. 9, 10, 14—16) und bei *Auloceros arborescens birameus* (Taf. III, Fig. 24—25, 34—35). Speciell die Abweichungen bei *Aulographis* führen schließlich zu Formen mit vollkommen zurückgebogenen, nach Art von Ankerarmen gegen den Weichkörper eingekrümmten Terminalästen (*Aulographis arcuata*, Taf. I, Fig. 10).

d) Variationen des monopodialen oder Aehrentypus. Aehrenförmige Radialstacheln lassen hinsichtlich der Zahl, der Verteilung, der Größen- und sonstigen Differenzierungs-

1) Darunter 7 mit schwach ausgebildeten Terminalästen.

verhältnisse der Seitenäste selbstverständlich eine weitgehende Variabilität erkennen. Es sei nur auf die Radialstacheln von *Aulospathis variabilis aulodendroides* (Taf. VII, Fig. 70, 71) und von *Thalassothamnus ramosus* (Taf. LXXIV, Fig. 538) hingewiesen.

Nicht selten sieht man die Seitenäste mit Vorliebe paarig angeordnet, so bei *Aulastrum spinosum* (S. 501, Textfig. 131), und ebenso lassen sich alle Uebergänge zwischen der rein monopodialen und der mehrquirligen Anordnung erkennen, so bei *Aulosphaera verticillata* (Taf. XII, Fig. 128, 129) und *labradoriensis* (Fig. 126, 127).

e) Falsche Dichotomie. Eine sogenannte falsche Dichotomie im Sinne der Botaniker [1]) kann dadurch zu stande kommen, daß bei einem ährenförmigen Radialstachel die Spitze des Schaftes unterdrückt wird und das oberste Paar von Seitenästen eine apicale Gabel bildet. Einen Fall einer solchen falschen Dichotomie stellt vielleicht eine bei *Coelographis regina* gefundene Doppelbildung (Taf. LXVI, Fig. 498a; S. 639, Textfig. 199, linkes Exemplar, rechts unten) dar, falls es sich nicht um ein Spaltungsmonstrum handelt (vergl. S. 597). Ferner gehören wahrscheinlich hierher die zweizinkigen Peristomvarianten von *Protocystis Thomsoni* (Syst. Teil, S. 256, Textfig. 30a) und *P. varians*, welche wohl dadurch zu stande kommen, daß an dem normalerweise dreizinkigen Peristom der mittlere unpaare Zahn unterdrückt ist.

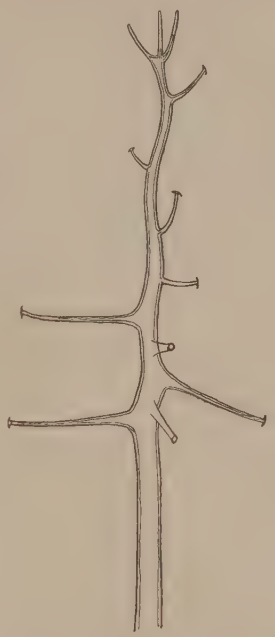


Fig. 204. Nadel von *Aulospathis pinus*.

Fig. 205. Ankerfädchen von *Coelodymus ancorotus*. Nach HAECKEL, Rep., tab. 121, fig. 10.

f) Sympodialer Typus. An einen sympodial verzweigten Pflanzenstengel, bei welchem im einfachsten Fall an den einzelnen Knotenpunkten abwechselnd ein linker und ein rechter Seitensproß zum Hauptsproß wird, erinnern manche wellenförmig gebogene Radialstacheln von *Aulospathis pinus* (Textfig. 204), welche an jeder Umbiegungsstelle einen Seitenast abgeben. Zwischen ihnen und den ganz geraden Stacheln bestehen alle Uebergänge.

Die ebenfalls an Sympodien erinnernden zickzackförmigen Ankerfädchen von *Coelothyrsus* und *Coelodrymus* (Textfig. 205) stellen sich gegenüber den geraden Ankerfädchen anderer Formen ebenfalls als Varianten und zwar als solche zweiter Ordnung dar.

g) Variationen bei abgeleiteten Verzweigungstypen. Kompliziertere Verzweigungstypen können in der Weise zu stande kommen, daß entweder die bisher besprochenen Typen sich miteinander kombinieren, oder daß die einzelnen Aeste der Radialstacheln in verschiedener Weise differenziert werden.

Schon die einfach und ganz regelmäßig erscheinenden dichotomischen Verzweigungen der Radialstacheln von *Auloceros* und *Coelodendrum* (Textfig. 202) stellen, sofern die Terminaläste mit Spathillen endigen, streng genommen einen komplizierten Verzweigungsmodus

1) Eine andere Form der falschen Dichotomie entsteht bei Pflanzen, indem sich neben dem Hauptsproß ein Seitensproß senkrecht erhebt und mit ersterem eine symmetrische Gabel bildet.

dar. Denn die Zähnchen der Spathillen sind ja, ontogenetisch betrachtet, nichts anderes als die äußersten, vom dichotomischen Typus mehr oder weniger stark abweichenden Endverzweigungen. Damit ist aber auch bei sonst regelmäßig dichotomischen Formen die Möglichkeit einer weitgehenden Variabilität gegeben, insofern die Spathillen hinsichtlich ihres Ausbildungsgrades und bezüglich der Zahl der Zähnchen sehr beträchtliche Schwankungen primärer und sekundärer Art aufweisen können. So können bei sehr nahestehenden Formen die Spathillen entweder in typischer Weise als bezahnte Endscheibchen ausgebildet sein (S. 484, Textfig. 107), oder sie stellen einfacher gebaute Zackenkronen mit oder ohne axialen Enddorn (Textfig. 108) oder Endknöpfchen mit einem Besatz von winzigen Dornen dar, oder sie können überhaupt ganz fehlen. Uebergänge der verschiedensten Art finden sich z. B. bei den Unterarten von *Auloceros arborescens* (Taf. III).

Verschiedene Varianten weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß die Spathillen in der That morphogenetisch von der dichotomischen Verzweigungsform abzuleiten sind. So sind z. B. die Terminaläste von *Aulographis tetrastyla* (Taf. I, Fig. 10) gewöhnlich am äußersten Ende einmal gegabelt, und die kurzen Sekundärästchen sind an ihrer Spitze mit 2 Zähnchen ausgestattet, bei einer antarktischen Variante dagegen tritt an Stelle der beiden zweizähnigen Sekundärästchen eine eigentliche Spathille mit 4 kräftigen Zähnen (vergl. auch die Variante von *Aul. pentastyla* und *Aulopetasus charoides*, Taf. V, Fig. 47—48). Aehnliche Verhältnisse liegen bei *Sagenoarium Chuni* (Taf. XVIII, Fig. 165) und *Sagoscena floribunda* (Taf. XV, Fig. 150) vor, insofern hier die Aeste der terminalen Quirle bald deutlich gegabelt sind, bald eine zweiteilige Spathille tragen.

Eine zweite Form eines komplizierten Verzweigungsmodus zeigen diejenigen Radialstacheln, welche mit mehreren übereinander gelagerten Astquirlen ausgestattet sind. Bei *Aulospathis* (Taf. VII) sind es deren nur zwei, dagegen tragen die Radialstacheln mancher Aulosphäriden und die Apicalstacheln der Sagosphäriden vielfach eine beträchtlich größere Zahl von Quirlen, denen sich in proximaler Richtung noch einige unregelmäßig stehende Seitenästchen anschließen. Bei *Aulosphaera elegantissima* (S. 502, Textfig. 132) und *Aul. verticillata* können bis zu 12 Astquirle auftreten.

Bei derartigen mehretagigen Radialstacheln zeigt nun sowohl die Zahl der Astquirle wie die Zahl der Strahlen oder Speichen jedes einzelnen Quirles eine beträchtliche individuelle und namentlich partielle Variabilität. Von Interesse sind namentlich diejenigen Varianten, welche eine paarige Anordnung der Quirläste aufweisen. So bestehen bei *Aulosphaera elegantissima* (Textfig. 132) die einzelnen Quirle entweder ziemlich regelmäßig aus 8 oder aber aus 4 gleich an der Basis gegabelten Aesten, und bei *Sagenoarium verticillatum* (Taf. XVIII, Fig. 164) sind die unteren Quirle häufig durch paarig angeordnete Aestchen vertreten. Aehnliches gilt auch für *Aulosphaera labradoriensis* (Taf. XII, Fig. 129), *Aul. trispathis, Aulastrum spinosum* (S. 501, Textfig. 131), *Sagoscena elegans* (Taf. XV, Fig. 151) u. a.

Diese Varianten finden in den Dolden mit paarig angeordneten Aesten, wie sie bei *Auloscena verticillus* (S. 646) vorkommen, und in den Zwischenformen zwischen Dichotomie und Spathillenbildung (s. oben) eine Parallele. Jedenfalls geht aus der Gesamtheit aller dieser Beobachtungen mit Bestimmtheit der enge genetische Zusammenhang zwischen Dichotomie, Dolden-, Quirl- und Spathillenbildung hervor. Die großen Ast-

zahlen, welche manche Dolden und Quirle aufweisen, würden demnach (ontogenetisch und phylogenetisch) auf eine verfrühte dichotomische Gablung der ursprünglich angelegten Aeste zurückzuführen sein, ebenso wie beispielsweise die Tricotylie und Tetracotylie der Keimpflanzen auf einer Spaltung der beiden normalen Blätter beruht (DE VRIES, Bd. II, 1903, S. 214)[1]. In ähnlicher Weise würden sich Spathillen mit zahlreichen Zähnen gewissermaßen als Proliferationen der letzten Aestchen dichotomisch verzweigter Skelettteile darstellen.

Die dritte und zwar die am höchsten differenzierte Form der abgeleiteten Verzweigungstypen stellen die Griffel der Cölodendriden dar, insofern bei ihnen nicht bloß die Terminal- und Seitenäste in verschiedener Weise ausgebildet sind (S. 482, Textfig. 103), sondern vielfach auch die letzteren zweierlei Apophysen, nämlich dendritisch verzweigte Seitenäste und ankertragende Seitenbäumchen aufweisen (S. 497, Textfig. 142).

Bei einigen Cölodendriden ist nun die Zahl, der Abstand und die Verzweigungsweise der Seitenäste der Griffel in merkwürdig genauer Weise fixiert, und zwar trifft dies nicht bloß für gewisse Vorstufen der eigentlichen Griffelröhren, z. B. für die Postnasaldendriten von *Coelodendrum flabellatum* (S. 498, Textfig. 126 *pn*) zu, sondern auch für einige hochspecialisierte Formen, z. B. für die Griffel von *Coelanthemum* (Taf. XLIX, Fig. 516) mit ihrer einfachen Terminalkrone und ihrer ungemein regelmäßigen, aus 3 Paaren von Seitendendriten bestehenden und mit Ankerbüscheln besetzten „Dornbildung". Im Gegensatz zu dieser streng normierten Verzweigungsweise begegnen wir bei anderen Arten einer beträchtlichen Variabilität: so ist z. B. bei der durch ihre Formverschiedenheiten ausgezeichneten *Coelographis regina* (S. 639, Textfig. 199) die Zahl der innerhalb der äußeren Gitterschale abgehenden Seitenäste, die Länge der freien (d. h. über die Gitterschale hinausragenden) Griffelabschnitte und nicht minder die Beschaffenheit der Terminalkronen (Zahl der Aeste, Grad der Bedornung) großen individuellen Schwankungen unterworfen.

Bei mehreren Formen macht sich eine sehr bemerkenswerte primäre Variabilität in der Weise geltend, daß die Seitenäste der Griffel die Neigung zeigen, ebenfalls zum Griffeltypus überzugehen. Dies ist vor allem bei *Coelographis antarctica* (Syst. Teil, S. 346, Fig. 41 u. 42) und bei *Coeloplegma murrayanum* (Syst. Teil, S. 381) der Fall. Bei einer dritten Form, nämlich bei *Coelotetraceras xanthacanthum,* sah ich einmal, daß sogar ein tertiärer Ast als asymmetrischer, schwach entwickelter Griffel ausgebildet war. Hier handelt es sich aber sicherlich um eine eigentliche Abnormität. Da in allen diesen Fällen, angesichts der mutmaßlichen stammesgeschichtlichen Entwicklung der Cölodendriden (Syst. Teil, S. 347 ff.), schwerlich an einen Atavismus zu denken ist, so haben wir wohl eine Uebertragung einer vom Stamme erworbenen Potenz auf die Aeste anzunehmen.

Ontogenese der Variationen.

Eine der Aufgaben der Variationsforschung ist es, die ontogenetische Entstehung der Abänderungen und die physiologischen Bedingungen ihres Zustandekommens kennen zu lernen und insbesondere diejenigen Phasen der Keimesentwicklung festzustellen, in welchen die Divergenz

1) Als eine weitere Konsequenz dieser Auffassung würde sich die Notwendigkeit ergeben, die dreizinkigen Gabeln, nicht wie DREYER annimmt, als ursprüngliche, sondern als abgeleitete Verzweigungstypen zu betrachten (vergl. S. 587).

im Entwicklungsverlauf der einzelnen Varianten ihren Anfang nimmt. Logisch betrachtet, würde die Behandlung dieser Frage der experimentellen Erforschung der Ursachen der Variabilität voranzugehen haben, ebenso wie die deskriptive Darstellung der normalen (typischen) Entwicklung den notwendigen Ausgangspunkt für die entwicklungsmechanischen Untersuchungen gebildet hat. Indessen haben sowohl die Botaniker als die Zoologen in der Regel diesen Weg nicht eingehalten, sondern entweder beide Methoden gleichzeitig und in engster Verbindung angewandt (wie z. B. in der mit der Variationslehre in engem Zusammenhang stehenden Geschlechtsbestimmungslehre), oder sie haben unter Verzicht auf die Lösung der ersten Frage sofort eine kausale Erklärung der Variationen zu geben versucht (z. B. bei der Erforschung des Albinismus).

Bei den Radiolarien liegt nun aber in der That, wegen der geringen Zahl der Etappen, in welchen sich speciell die Skelettentwicklung vollzieht, die Möglichkeit vor, auf die Ontogenese der Variationen genauer einzugehen. Wir können insbesondere festzustellen versuchen, welche unter den bei der Formbildung beteiligten Einzelprozessen und wann und wo dieselben variieren müssen, damit sich das äußere Bild eines Charakters ändert. Dagegen ist freilich bei den Radiolarien die Untersuchung der Ursachen der Variabilität, aus den mehrfach hervorgehobenen Gründen, vorläufig nur in beschränktem Maße möglich.

Schon bei der Aufzählung der pathologischen Skelettformen hat sich einiges Material für die Behandlung unserer Frage ergeben. Wenigstens deuten manche Erscheinungen der Entwicklungshemmung, so besonders die Verkümmerungsformen der Aulacanthidennadeln, ohne weiteres den Weg an, auf welchem gewisse normale Varianten mittelst Genepistase (EIMER) entstanden sein mögen.

Auch an anderen Stellen des dritten Abschnittes, so bei der Besprechung der Ontogenese des Castanelliden- und Aulosphäridenskelettes und bei der Aufzählung der Mittel der Formbildung wurde unsere Frage gestreift: es wurde zu zeigen versucht, wie es wahrscheinlich bloß auf das Selbständigbleiben oder Zusammenfließen der zunächst abgeschiedenen Collenchymtropfen ankommt, ob die einfachen Knotenpunkte des Castanellidentypus oder die komplizierten „Radgelenke" einer *Aulosphaera* (vergl. S. 615, 628), bezw. ob einfache, ungegliederte Röhrenstacheln nach Art der Aulacanthidennadeln oder gekammerte Apophysen vom Medusettidentypus zu stande kommen (S. 619).

Was nun die im vorigen Kapitel aufgezählten primären und sekundären Variationen anbelangt, so kommen diejenigen, die sich auf den Gesamtorganismus einschließlich des Weichkörpers beziehen, also die Größen- und Formschwankungen, vorderhand nicht in Betracht, da über ihr ontogenetisches Verhalten nichts Näheres ausgesagt werden kann. Auch über die äußeren Ursachen dieser Verschiedenheiten können nur einige Vermutungen ausgesprochen werden (vergl. S. 622).

Die übrigen Arten der Variabilität lassen sich zum größten Teil auf die Abänderung je eines der Einzelprozesse zurückführen, welche bei der Ontogenese des Skelettes normalerweise zusammenwirken, und zwar kommen vorzugsweise in Betracht die verschiedenen Sekretionsvorgänge, die Sprossungsvorgänge, sowie diejenigen Anordnungsverhältnisse, als deren Ursachen vorläufig „richtende Centren" hypothetischer Art angenommen worden sind.

Eine sehr beträchtliche Anzahl von Variationen beruht auf Modifikationen der Sekretionsvorgänge, und zwar können in dieser Richtung sowohl Unterschiede quantitativer, wie qualitativer Art die Entstehung von Variationen herbeiführen. Ob z. B. die Innen- oder Marksubstanz der Skelettteile eine mehr grobschaumige oder eine feinalveoläre Spongiosastruktur annimmt, wird bald durch die Masse, bald durch den Aggregatzustand und die stoffliche Beschaffenheit der abgeschiedenen Collenchymtröpfchen bedingt sein, denn von allen diesen Faktoren könnte es abhängen, ob die Collenchymtröpfchen zu größeren „Vakuolen" zusammenfließen oder getrennt bleiben.

In ähnlicher Weise könnten ebensogut Unterschiede quantitativer und physikalischer Art, wie specifisch-stoffliche Verhältnisse darüber entscheiden, ob eine Kammerung der hohlen Radialstacheln mehr zufällig (wie bei den Aulosphäriden, Textfig. 175, und Aulacanthiden, Textfig. 196), oder in regelmäßiger Weise (wie bei den Medusettiden, Textfig. 140) zu stande kommt.

Auch bei der Entstehung anderer Varianten, die mit Modifikationen der Kieselsäureabscheidung und des Verkieselungsprozesses zusammenhängen, dürften entweder quantitative oder qualitative Momente in Betracht kommen. So spielt bei der Bildung der zahlreichen Varianten der *Aulokleptes*-Stacheln (S. 605) zweifellos die Masse der abgeschiedenen Hartsubstanz eine wesentliche, formbestimmende Rolle, und zwar ist es denkbar, daß die Quantität der Kieselsubstanz, welche von der Sarkode zur Abscheidung gebracht wird, ihrerseits durch die Beschaffenheit der Fremdkörper-Unterlage (Diatomeenschalen, Aulacanthidenstacheln) bestimmt wird. Auf der anderen Seite dürften z. B. die leichten Unterschiede in der natürlichen Färbung, wie sie vielfach auch bei Angehörigen engerer Formenkreise auftreten, auf qualitativen Differenzen der Hartsubstanz beruhen, und zwar werden wohl die leicht bräunlichen und gelblichbräunlichen Töne, welche die Skelettteile einiger Aulosphäriden (Taf. XI, Fig. 110; Taf. XIII, Fig. 132, 134) im Gegensatz zu nahe verwandten Formen aufweisen, auf Dichtigkeitsunterschiede oder auf Verschiedenheiten des „Korns" zurückzuführen sein, während die ausgesprochen gelbliche Färbung, welche *Aulacantha laevissima* (Taf. X, Fig. 98) und *Coelotetraceras xanthacanthum* (Taf. LXVII, Fig. 499) an ihren Radialstacheln zeigen, möglicherweise stofflich-chemischer Natur ist. Allerdings liegt diese letztere Abweichung angesichts der ziemlich isolierten Stellung der beiden Formen nicht mehr im Bereich der Variationen erster und zweiter Ordnung.

Eine weitere Gruppe von Variationen, nämlich die Abänderungen der Verzweigungstypen, beruht auf Modifikationen der Sprossungsvorgänge, welche sich an der häutigen Skelettanlage vor Eintritt der Verkieselung abspielen. Wie nämlich zahlreiche, als Entwicklungshemmungen zu deutende Abnormitäten erschließen lassen (S. 601), ist die häutige Anlage der Aulacanthidenstacheln (Gallertvakuole + plasmatische Hülle oder Vakuolenhaut) als ein von der Gesamtsarkode abgegliedertes, mehr oder weniger selbständig (autonom) gewordenes, morphologisches Individuum zu betrachten, welches vor allem auch die Fähigkeit der Selbstteilung besitzt und also in die Kategorie der Automerizonten (Roux, 1893) gehört[1]). Der einfachste Teilungsmodus, welchem wir bei solchen Gebilden begegnen, ist die dichotomische Gablung, und zwar kommt speciell bei den Tripyleen überhaupt nur die einseitige dichotomische Gablung vor. (Ob wir in den Doppelspikulis der Collodarien Weiterbildungen eines zweiseitigen dichotomischen Gablungsmodus zu sehen haben, soll hier nicht weiter erörtert werden.) Zahl-

1) Einen Automerizonten ähnlicher Art stellt wohl die Centralkapsel von *Cytocladus* dar (s. unten).

reiche Variationen, welche die Verzweigungsmodi des Tripyleenskelettes aufweisen, lassen sich nun dem Verständnis näher bringen oder wenigstens unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zusammenfassen, wenn wir ihnen eine auf Teilungszahl und Teilungsrhythmus sich erstreckende Variabilität der Sprossungen der häutigen Stachelanlagen zu Grunde legen.

Im einfachsten Falle können Plus- und Minus-Varianten der Verzweigung in der Weise entstehen, daß die Zahl der Gablungen, welche bei den radiären Skelettelementen in ähnlicher Weise normiert zu sein pflegt, wie beispielsweise die Zahl der Teilungsschritte in der Ovogenese, im Zustand der häutigen Anlage eine Vermehrung oder Verminderung erfährt. Plus-Varianten sind z. B. die unregelmäßigen Gablungen, welche bei manchen Aulacanthiden (*Aulographis-* und *Aulospathis*-Formen) an einzelnen Stachelästen aufzutreten pflegen (S. 646), dagegen stellen sich als Minus-Varianten diejenigen Stacheln von *Aulospathis variabilis bifurca* dar, bei welchen sich auf dem blasig erweiterten Schaftende statt einer zwei- oder dreizinkigen Gabel ein einziger, in der Verlängerung des Schaftes gelegener Terminalast erhebt (S. 645). Auch die Vermehrung der Astzahl in den Enddolden und in den subterminalen Astquirlen (S. 648) kann, worauf einzelne Bilder mit Sicherheit hinweisen, durch eine in statu nascendi und dicht über der Abgangsstelle vor sich gehende, dichotomische Gablung der Aeste zu stande kommen, so wie z. B. beim Klee (*Trifolium pratense* und *repens*) die Vermehrung der Blattzahl auf 4—7 durch Spaltung der Seiten- und Endblättchen bewirkt wird (DE VRIES, 1901, S. 443).

Trichotomien, wie sie für *Coelechinus wapiticornis* und *Cytocladus tricladus* charakteristisch sind (S. 645), sind zurückzuführen auf einen ungleichen Teilungsrhythmus der beiden primären Aeste der Radialstacheln. Während nämlich sonst die häutigen Anlagen der Stacheläste in synchroner Weise ihre sekundären und tertiären Gablungen ausführen, schreitet in den genannten Fällen der eine Primärast in der Teilung voran, so wie z. B. auch bei den Kernteilungen der Tripyleen eine Heterochronie der späteren Teilungsschritte eine sehr häufige Erscheinung ist (s. unten). Da bei unseren Formen die Trichotomie sich gewöhnlich auf sämtliche Radialstacheln in gleichmäßiger Weise erstreckt, so können, wie gleich hier hervorgehoben werden soll, nicht zufällige, äußere Momente (z. B. die Verteilung der Alveolen) die Ursache sein.

Ich möchte annehmen, daß in der gleichen Weise auch die drei- und vierzinkigen Gabeln, welche für die Radialstacheln von *Aulographis pandora* charakteristisch sind und unter allen Skelettformen der Tripyleen dem Typus des einfachen Vierstrahlers am nächsten kommen (S. 587, Textfig. 170a), in letzter Linie als Spaltungsvarianten des zweizinkigen Stacheltypus aufzufassen sind, ähnlich wie z. B. die Tetracotylie und Tricotylie aus der Dicotylie durch Spaltung der Keimblätter hervorgeht (DE VRIES, 1903, S. 214).

Inwieweit auch die übrigen Verzweigungsformen und deren Variationen ontogenetisch und phylogenetisch auf Abweichungen vom dichotomischen Sprossungsmodus zurückzuführen sind, mag dahingestellt sein. Jedenfalls stellt der monopodiale oder Aehrentypus eine morphogenetisch selbständige oder jedenfalls sehr selbständig gewordene Verzweigungsform gegenüber dem dichotomischen und dem von diesem abgeleiteten Doldentypus dar, wie denn auch die Botaniker eine prinzipielle Verschiedenheit zwischen der monopodialen und der dichotomischen Verzweigungsweise anzunehmen pflegen[1]). Bei manchen Varianten, z. B. bei vielen Nadeln von

1) Diese Auffassung finde ich in den Lehrbüchern von LEUNIS und von STRASBURGER-NOLL-SCHENCK-KARSTEN vertreten. Ueber die Ableitung der Dreiblättrigkeit des Klees vom gefiederten Typus der Papilionaceen vergl. DE VRIES, 1901, S. 573.

Aulospathis variabilis aulodendroides (Taf. VII, Fig. 70, 71), hat man in der That den Eindruck, als ob zwei relativ selbständige Entwicklungstendenzen, die dichotomische und die monopodiale, miteinander im Kampfe liegen.

Mit der Zurückführung der Verzweigungsvarianten auf die an den häutigen Stachelanlagen sich abspielenden Sprossungen erhebt sich die Frage, durch welche Faktoren ihrerseits wieder die Modifikationen dieser Sprossungsvorgänge verursacht werden. Hierüber lassen sich zur Zeit natürlich keine bestimmten Aussagen machen. Man könnte höchstens die Vermutung aufstellen, daß die Plus-Varianten der Verzweigungszahl (z. B. die unregelmäßig auftretenden Gablungen an den Terminalästen mancher *Aulographis*- und *Aulospathis*-Formen, S. 646) durch Aufhebung von irgendwelchen Hemmungsvorrichtungen zu stande kommen, welche außerhalb der Stachelanlage in der umgebenden Sarkode ihren Sitz haben, oder daß sie — worauf die relativ starke Verzweigung vieler antarktischer Formen hinweist, S. 571 — direkt durch die in der Außenwelt gelegenen Faktoren ausgelöst werden. Diejenigen Modifikationen der Sprossung freilich, welche zu regelmäßiger wiederkehrenden, zum Teil sicher erblichen Asymmetrien hinüberführen (Entstehung der Trichotomie bei *Coelechinus* und *Cytocladus*), können ihre Ursache wohl nirgends anders als in der häutigen Stachelanlage selber, also in deren konstitutionellen Verhältnissen oder, wie man vielleicht sagen kann, in der Architektonik des Artplasma-Moleküls haben.

Einer dritten Gruppe von Variationen liegen Modifikationen derjenigen Verhältnisse zu Grunde, die man gewöhnlich als die promorphologische Konstitution der Zelle zu bezeichnen pflegt. Hierher gehören Abänderungen in der Zahl und Anordnung der Knotenpunkte und damit in der ganzen Maschenstruktur, wie sie bei den Gitterschalen der Phäosphärien und der einfacheren Phäocalpien eine häufige Erscheinung sind (Modifikationen der „Dreiecks-“ und „Viereckstellung“ bei den Aulosphäriden, wechselnde Porenzahl und Porenweite der Castanelliden u. s. w.), sowie die Zahlenvarianten der Radialstacheln der Circoporiden und Tuscaroriden Für die Gitterschalen wurde aus gewissen Abnormitäten der Schluß gezogen, daß die Zahl und Anordnung der Knotenpunkte und damit auch der Radialstacheln durch irgendwelche „richtende Centren“ bedingt sei, welche eine Art von Abstoßung aufeinander ausüben und demnach, bei gegebener Zahl, innerhalb der peripherischen Schichten des Weichkörpers eine gleichmäßige Verteilung anstreben[1]). Da nun ferner gezeigt werden kann, daß zwischen der Anordnungsweise, welche die Knotenpunkte und Radialstacheln der Castanelliden zeigen, und derjenigen, die man bei den Circoporiden und Tuscaroriden antrifft, alle Uebergänge bestehen, so muß wohl auch für die letzteren beiden Formengruppen angenommen werden, daß die Anordnung und Zahl der Radialstacheln und die hierbei auftretenden Varianten durch „richtende Centren“ bestimmt werden.

Mit der Hilfsannahme der richtenden Centren haben wir freilich die Frage nach den Ursachen der Variabilität der Stachelzahl auf den nämlichen Punkt hingeführt, auf den wir schließlich auch bei der Besprechung der Verzweigungsvarianten gelangt sind, nämlich vor morpho-

1) Daß der Sitz der richtenden Agentien, welcher Art sie auch sein mögen, innerhalb der Oberflächenschichten selber gelegen sein muß, dürfte auch daraus hervorgehen, daß bei nicht-regulären (birn- oder ballonähnlichen) Weichkörperformen die von den Centren abhängige Maschenstruktur durchaus den Krümmungen des Weichkörpers angeschmiegt ist. Auch die in den Knotenpunkten sich erhebenden Radialstacheln stehen senkrecht zur Oberfläche (S. 515, Textfig. 144; Taf. XI, Fig. 105 u. a.) und sind nicht etwa sämtlich auf das Weichkörper-Centrum zu orientiert.

genetische Verhältnisse, in welche tiefer einzudringen ausschließlich der experimentellen Forschung vorbehalten sein wird.

Ueber den Charakter der Variationen und ihre Bedeutung für die Artbildung.

Auf einen etwas festeren Boden gelangen wir zurück, wenn wir den Versuch machen, die bei den Radiolarien beobachteten Variationen in den üblichen Kategorien der Variabilität unterzubringen.

Daß die Größen-, Form- und Massenvariationen überwiegend den Charakter von fluktuierenden Abänderungen teils individueller, teis partieller Art besitzen, geht bei verschiedenen Tripyleengruppen schon aus einer vergleichenden Betrachtung der in einem Fang erbeuteten Individuen mit großer Wahrscheinlichkeit hervor, obwohl eine statistisch-graphische Darstellung dieser Verhältnisse nicht ausgeführt wurde. Ich möchte hier nur an einige Castanelliden, insbesondere an *Castanidium variabile,* erinnern, bei welch letzterem die Hunderte von Individuen, welche manche Netzzüge geliefert haben, nach den drei genannten Richtungen hin alle erdenklichen Uebergänge zeigen, so daß eine Abgrenzung von Arten unmöglich und sogar die Heraushebung einzelner Typen (Formenkerne) mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist. Jedenfalls liegen keine Anhaltspunkte vor für die Annahme, daß dieses Formenchaos aus zahlreichen nebeneinander her laufenden selbständigen Linien oder konstanten Elementararten im Sinne von H. DE VRIES (1901, S. 33, 120) zusammengesetzt sei, eine Möglichkeit, welche allerdings nur mittelst weitgehender Züchtungen endgiltig geprüft werden könnte.

Wie viele von diesen Variationen nun erblicher Natur und daher als Fluktuationen im engeren DARWIN'schen Sinne zu betrachten sind und wie viele von ihnen nichterbliche, unter der Wirkung äußerer Faktoren individuell erworbene Abänderungen sind, d. h. also Somationen nach der von PLATE (vergl. 1908, S. 315) passend vorgeschlagenen Bezeichnungsweise, das kann am konservierten Material nicht ermittelt werden.

Aehnliches gilt für die Variationen, welche sich auf die Größe und Beschaffenheit der Poren, die Länge der Radialstacheln und die Ausbildung der pyramidenförmigen Stachelsockel beziehen.

Von größerem Interesse sind die auf Zahlenverhältnisse (numerische Eigenschaften) sich erstreckenden Abänderungen [meristische Variationen nach BATESON [1])], so besonders die Variationen in der Zahl der Terminaläste bei den Aulacanthiden *(Aulographis pandora, Aulospathis variabilis)* und in der Stachelzahl der Tuscaroriden. Speciell für die letztgenannten Varianten habe ich in meiner ersten Mitteilung (1904) die Bezeichnung Stachelmutanten gebraucht, da z. B. der Uebergang von der dreistrahligen zur zweistrahligen Variante, wie er bei *Tuscaretta tubulosa* gelegentlich vorkommt (S. 582, Textfig. 165, links), durchaus den Charakter einer sprungweisen, diskontinuierlichen Abänderung zu haben scheint. Dieser Eindruck wird dadurch noch erheblich verstärkt, daß in einzelnen Fällen die Veränderung der Stachelzahl mit einer Veränderung der Schalenform und damit des äußeren

1) Vergl. PLATE, 1908, S. 103.

Habitus Hand in Hand geht. So sind z. B. bei *Tuscarantha Braueri* die zweistacheligen Individuen schildförmig (Taf. XXVII, Fig. 210), die dreistrahligen dreiseitig- (Fig. 209) und die vierstrahligen vierseitig-prismatisch.

Nun zeigt sich aber[1]), daß die meristischen Variationen auch bei den Tripyleen von dem Gesetze QUÉTELET's beherrscht werden, in ähnlicher Weise, wie dies nach WELDON, DUNCKER[2]) u. a. für die numerischen Eigenschaften bei Krebsen und Fischen (z. B. die Zahl der Rostralzähne bei ersteren, die Zahl der Flossenstrahlen bei letzteren) gilt, d. h. es lassen sich, wie oben gezeigt wurde, bei *Aulospathis variabilis* (Textfig. 203), *Tuscaretta tubulosa* (Textfig. 200), *Tuscarantha Braueri* (Textfig. 201) u. a. symmetrische GALTON-Kurven oder besser Variations-Polygone aufstellen, aus denen hervorgeht, daß die mittleren Ast- und Stachelzahlen am häufigsten, die kleinsten und größten Zahlen relativ selten sind. Danach würden also die Ast- und Stachelvarianten der Tripyleen, wenigstens nach der DE VRIES'schen Terminologie[3]), unter den Begriff der individuellen fluktuierenden Variation fallen.

Wichtig für die weitere Beurteilung der numerischen Abänderungen der Tripyleen ist nun der Umstand, daß innerhalb eines und desselben Formenkreises das Maximum der GALTON-Kurve sich verschiebt, wenn man Individuengruppen aus verschiedenen Meeresgebieten ins Auge faßt[4]). So zeigt das für *Aulospathis variabilis* gegebene Variationspolygon, daß die antarktischen Exemplare (Varietät *triodon-diodon,* Textfig. 203 a u. b) ihr Maximum über der Abscissenzahl 2 besitzen, während bei den tropischen Exemplaren (Varietät *tetrodon-triodon,* Textfig. 203 c) das Maximum nach 3 verschoben erscheint. (Die Polygone lassen gleichzeitig erkennen, daß die Zahl der Radialstacheln in der Antarktis größer ist als in den Tropen; vergl. S. 571.) Das nämliche gilt auch für die Stachelvarianten der Tuscaroriden, insofern z. B. bei der atlantischen *Tuscaretta tubulosa* beim Uebergang aus den tropischen in die kühleren Meeresteile an Stelle von 3 allmählich 4 Aboralstacheln zur Regel werden, und bei der atlantischen Varietät von *T. globosa* die Zahl der Aboralstacheln gewöhnlich 4, seltener 5 beträgt, während die antarktischen Exemplare *(T. globosa Chuni)* meist 5, seltener 4 oder 6 Stacheln besitzen. Leider fehlen mir aber für *Tuscaretta tubulosa* genaue Zahlenangaben (s. S. 642), und von *T. globosa* liegen mir nicht genügend atlantische Exemplare vor, um eine graphische Darstellung geben zu können.

Diese je nach dem Fundorte wechselnden Zahlenverhältnisse legen zunächst die Frage nahe, inwieweit vielleicht unsere Varianten unter den Begriff der DE VRIES'schen Halb- und Mittelrassen fallen. Bekanntlich versteht DE VRIES darunter Rassen [= erbliche Formen[5])] innerhalb welcher zwei antagonistische Merkmale, ein aktives und ein latentes, miteinander im Kampfe stehen. Kommt in einer solchen Rasse das latente Merkmal oder die Anomalie nur ausnahmsweise neben dem aktiven Merkmal zum Vorschein, so wird diese Rasse in Bezug auf

1) Schon im Systematischen Teil (S. 193) wurde gegen die Bezeichnung „Stachelmutante" der Einwand erhoben, daß die Stachelzahl nicht streng vererbt wird, wie eine aus 5- und 6-strahligen Individuen gemischte *globosa*-Kolonie zeigt. Zum Begriff der Mutation gehöre aber, daß das betreffende Merkmal oder die Merkmalsgruppe erblich sei. Dieser Einwand ist indessen nicht stichhaltig, da die betreffende Kolonie sehr wohl ein Kreuzungsprodukt verschiedener, mutativ entstandener Rassen darstellen könnte.

2) Vergl. DUNCKER, 1899.

3) Vergl. H. DE VRIES, 1901, S. 35; FRUHWIRTH, 1905, S. 151, sowie PLATE, 1908, S. 73, 75.

4) Vergl. DUNCKER, 1899 u. a.

5) DE VRIES, I, 1901, S. 424.

dieses Merkmal als Halbrasse [besser vielleicht nach PLATE[1]) als Schwachrasse] bezeichnet; tritt dagegen das latente Merkmal annähernd gleich häufig auf wie das aktive, so spricht DE VRIES von einer Mittelrasse.

In unserem Falle würde also, wenn wir die Dreizähligkeit als das normalerweise aktive, die Vierzähligkeit als das latente Merkmal betrachten, *Tuscarantha Braueri* (Textfig. 201) mit einer Halbrasse, der atlantische Formenkreis von *Tuscaretta tubulosa* (Textfig. 200) mit einer Mittelrasse zu vergleichen sein. Auch das Wenige, was wir über die Erblichkeitsverhältnisse bei den Tuscaroriden wissen (S. 643), würde sich mit einer solchen Deutung in Einklang bringen lassen. In ähnlicher Weise könnten die Astvarianten von *Aulospathis* (Textfig. 203) zu den tricotylen Halb- und Mittelrassen DE VRIES', noch besser aber zu den mehrscheibigen Rassen des Rotklees *(Trifolium pratense)* in Parallele gesetzt werden, insofern bei letzteren die verschiedenen Blätter eines und desselben Exemplares eine verschiedene Anzahl von Scheiben besitzen können und demnach auch hier, wie bei *Aulospathis,* eine partielle Variabilität vorliegt.

So nahe nun aber alle diese Vergleiche liegen, so ist doch nicht zu vergessen, daß die latenten Merkmale, welche bei den Halb- und Mittelrassen DE VRIES' zum Vorschein kommen, großenteils eigentliche Anomalien sind, sei es wirklich Teratologien und Monstrositäten, wie z. B. die Zwangsdrehungen und Verbänderungen[2]), sei es Atavismen, wie die Mehrscheibigkeit beim Klee[3]). Die meisten dieser Varianten liefern im Zusammenhang damit auch nur unsymmetrische (halbe) GALTON-Kurven[4]). Dagegen handelt es sich bei unseren Ast- und Stachelvarianten großenteils um durchaus physiologische, in sich harmonische, vollkommen angepaßte Variationen, wie schon daraus hervorgeht, daß die einzelnen Varianten bestimmte Meeresteile bevorzugen und also in ihrem Auftreten offenbar von den Temperaturverhältnissen abhängig sind. Ob damit freilich ein prinzipieller Gegensatz zu den DE VRIES'schen Rassen gegeben ist, läßt sich um so weniger entscheiden, als ja in unserem Falle die für die Halb- und Mittelrassen charakteristischen Erblichkeitsverhältnisse[5]) vorläufig nicht weiter verfolgt werden können.

Während also aus den wechselnden Zahlenverhältnissen, welche die Ast- und Stachelvarianten der Tripyleen aufweisen, keine engeren Beziehungen zu den Halb- und Mittelrassen DE VRIES' abgeleitet werden können, so geht doch aus dem geographischen Verhalten der numerischen Varianten jedenfalls so viel hervor, daß sie mindestens in vielen Fällen einen erblichen Charakter haben. Für die 3- und 4-strahligen Varianten von *Tuscaretta tubulosa* und für die 4- und 5-strahligen Unterarten von *T. globosa* steht dies außer Zweifel, da in den einen Meeresgebieten jeweils die niedrigere, in den anderen die höhere Zahl die Regel bildet und sich also offenbar durch Vererbung forterhält. Ob auch die seltenen Extreme, z. B. die 2- und die 5-strahlige Varietät von *T. tubulosa,* eine erbliche Natur haben, läßt sich natürlich nicht feststellen, doch ist wohl anzunehmen, daß dies zutrifft, und daß sie sich bei Kreuzungen „recessiv" verhalten.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die meristischen (numerischen) Varianten der Tripyleen ihrer äußeren Erscheinung nach einen diskontinuierlichen,

1) 1904, S. 206.
2) H. DE VRIES, I, 1901, S. 425.
3) l. c. S. 436, Anm.
4) l. c. S. 431.
5) H. DE VRIES, II, 1903, S. 219.

sprunghaften Charakter haben und sogar mit Aenderungen im äußeren Habitus verbunden sein können *(Tuscarantha Braueri)*, daß sie aber dem QUÉTELET'schen Gesetze unterworfen und durch symmetrische GALTON-Kurven darstellbar sind, und endlich, daß sie mindestens, wo sie als Lokalformen auftreten, einen erblichen Charakter annehmen. Sie stehen also den bei Krebsen und Fischen beobachteten meristischen Variationen am nächsten, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, daß die Aenderungen eines Merkmales unter Umständen tiefer greifende Aenderungen im äußeren Habitus herbeiführen können, was mit den besonderen, für die einzelligen Organismen giltigen Verhältnissen im Zusammenhang steht. Eine vollkommene Uebereinstimmung mit einer der von DE VRIES (1901, S. 33 ff.) aufgestellten Kategorien besteht nicht: von den auf dem Wege der progressiven Mutation entstandenen, großenteils lokalen Elementararten sind sie durch ihre numerischen Häufigkeitsverhältnisse, von den Partialmutationen (retrogressiven und degressiven Mutationen), sowie von den Halb- und Mittelrassen durch ihren physiologischen (wahrscheinlich adaptiven) Charakter und ihre lokale Distribution, von der individuellen, fluktuierenden Variabilität, welche DE VRIES als nicht-erblich und nicht-artbildend betrachtet, durch ihren mehr sprunghaften, diskontinuierlichen Charakter und, wie wir sehen werden, durch ihre Bedeutung für die Artbildung unterschieden.

Es soll hier noch die Natur einiger anderen Variationen besprochen werden, von denen einige allerdings einen mehr pathologischen Charakter haben. Im Zusammenhang damit finden auch verschiedene Formdivergenzen Erwähnung, welche normalerweise jenseits des Gebietes der primären und sekundären Variationen liegen, bei welchen aber doch mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß sie da und dort den Charakter von „Variationen" besitzen, d. h. von Formschwankungen, die innerhalb engerer Verwandtschaftskreise zu Tage treten können.

Als Partialmutationen, und zwar als retrogressive Mutationen, d. h. als Defektrassen, welche durch sprungweisen Ausfall eines Merkmales zu stande kommen, sind einige häufiger vorkommende Entwicklungshemmungen zu betrachten. Hierher sind die stachellosen Varianten von *Cannosphaera* (Taf. XIV, Fig. 143) und *Castanidium* (Taf. XXXVI, Fig. 277) zu rechnen, vielleicht auch die von HAECKEL beschriebenen stachellosen Aulosphäriden. Es muß dahingestellt bleiben, inwieweit alle diese stachellosen Formen nur den Charakter von gelegentlichen, durch sprungweisen Wegfall des Stachelbesatzes entstandenen Mutationen besitzen, oder ob sie als eigentliche, lebensfähige Rassen von allerdings recessivem Charakter zu betrachten sind.

Ferner legt die weitgehende Uebereinstimmung, welche einige stacheltragende Challengeriden, z. B. *Protocystis Swirei* (Taf. XLIX, Fig. 384) und *bicornis* (Fig. 387), im ganzen Habitus mit den neben ihnen vorkommenden stachellosen Formen, *P. acornis* (Fig. 385) und *tridens* (Fig. 382), aufweisen, den Gedanken nahe, daß letztere ursprünglich als Defektrassen ihre Entstehung genommen haben oder als solche immer wieder zum Vorschein kommen.

Aehnliches dürfte auch für die stachellosen Varianten von *P. Tizardi* (Taf. L, Fig. 406) und *Challengerosium Bethelli* (Taf. LI, Fig. 423, 424, 428) gelten.

Mehr pathologischer Natur sind einige Vorkommnisse bei den Aulacanthiden, so besonders die „Kuppennadeln" von *Aulospathis*, welche, statt mit einer mehrzinkigen Gabel, mit einer leicht blasig aufgetriebenen Kuppe abschließen (Taf. VI, Fig. 65—67). Bei einigen Exem-

plaren von *Aulospathis variabilis diodon* und *monodon* treten diese Kuppennadeln so zahlreich auf, daß man fast von Defektrassen sprechen kann.

Die unbedornten oder ganz schwach bedornten Varianten, die bei *Tuscaridium cygneum* und anderen Tuscaroriden neben stärker bedornten Formen auftreten, und an welche man im Hinblick auf die stachellosen Mutationen vieler Pflanzen an dieser Stelle denken könnte, haben sicher einen fluktuierenden Charakter.

Totalmutationen vom *Oenothera*-Typus können bei den Radiolarien und speciell bei den Tripyleen nicht nachgewiesen werden. Daß sich bei *Tuscarantha Braueri* und *Tuscarilla nationalis* mit dem Herabsinken der Zahl der Aboralstacheln von 3 auf 2 auch die Schalenform und der ganze äußere Habitus ändert, wurde bereits erwähnt. Doch kann wenigstens bei *Tuscarantha Braueri* von einer Totalmutation deshalb nicht gesprochen werden, weil andere Merkmale, z. B. die Beschaffenheit der Füllsubstanz, die Peristombildung, unverändert bleiben. Vielleicht liegen bei *Tuscarilla* in dieser Richtung etwas andere Verhältnisse vor (S. 640), doch ist hier noch eine eingehendere Untersuchung an größerem Materiale nötig.

Mit den Totalmutationen steht möglicherweise eine andere, bei den Tuscaroriden sehr auffällig hervortretende Erscheinung in einer gewissen Berührung, nämlich die Thatsache, daß die verschiedenen Merkmale in den verschiedensten Kombinationen miteinander verbunden sein können. So finden sich z. B. die drei am häufigsten auftretenden Typen der Schalenform, nämlich der kuglige oder birnförmige, der pyramidenförmige und der spindelförmige Typus, in jeder nur denkbaren Weise mit den drei Haupttypen des Peristoms, dem strahligen, dem korbförmigen und dem vogelkopf- oder helmförmigen, kombiniert (1906b, S. 46, Fig. 8; Syst. Teil, S. 212 ff., Textfig. 22), und ebenso lassen sich Kombinationen anderer Merkmale nachweisen. Aehnliches gilt für einige Aulacanthiden *(Aulospathis)*, Castanelliden und Coelodendriden. Derartige kaleidoskopische Zusammenstellungen, in welchen eine relative Unabhängigkeit, also eine geringe Korrelation der einzelnen Merkmale zum Ausdruck kommt, sind wiederholt auch bei höheren Tieren gefunden worden (vergl. PLATE's *Cerion*-Schnecken), und es würde zu untersuchen sein, inwieweit hier Beziehungen zu den bei den DE VRIES'schen Totalmutationen auftretenden Merkmalsverteilungen vorliegen.

Prozesse von eigentlich mutativem Charakter, durch welche ein großer Teil der Merkmale mit einem Schlage verändert werden könnte, falls sie sich gleichmäßig auf das ganze Skelett erstrecken würden, kommen da und dort als teratologische Erscheinungen vor. Es sei auch hier in erster Linie auf das wiederholt besprochene *Aulosphaera*-Skelett mit seinen nach verschiedenen Richtungen hin sich erstreckenden Ausschlägen hingewiesen (S. 599, Textfig. 175).

Bei einem Rückblick auf die Ergebnisse, zu welchen die Betrachtung der Natur der Variationen geführt hat, stellt sich zunächst heraus, daß sich die Variationen der Radiolarien nur in wenigen Fällen anstandslos in den verschiedenen Kategorien unterbringen lassen, welche in der neueren Variationslehre eine größere oder geringere Anerkennung gefunden haben. Es hängt dies zum Teil damit zusammen, daß es bei den Radiolarien nicht möglich ist, die Erblichkeitsverhältnisse festzustellen und daß infolgedessen ein wichtiges Kriterium, das Verhalten einer Variation bei der Vererbung, vielfach keine Anwendung finden kann. Zum Teil hat aber die mangelhafte Uebereinstimmung ihren Grund in dem Umstand, daß die drei Hauptgruppen der erblichen Variationen, die man neuestens ge-

wöhnlich unterscheidet, die Fluktuationen im Darwin'schen Sinne, die sprungweisen Abänderungen eines oder einiger weniger Merkmale (Partialmutationen) und die sprungweisen Umstimmungen des ganzen Habitus (Totalmutationen vom *Oenothera*-Typus), möglicherweise in ihrer letzten Wurzel, in den Abänderungen der Konstitution des Artplasmas, aufs innigste miteinander zusammenhängen, und daß für ihr Zustandekommen nicht notwendig wesentliche Unterschiede im Verhalten des Artplasmas angenommen werden müssen. Allerdings entsprechen den Fluktuationen „wahrscheinlich ebenfalls nur kleine, fluktuierende Veränderungen in der Struktur des Artplasmas. Dagegen ist es auf der anderen Seite nicht notwendig, daß den sprungweisen Abänderungen oder Mutationen immer auch größere, sprungweise, etwa kaleidoskopische Strukturveränderungen des Artplasmas zu Grunde liegen". Vielmehr könnten „sprungweisen Abänderungen des Artbildes sehr wohl fluktuierende Abweichungen des Artplasmas von sehr geringer Amplitude zu Grunde liegen" (1908, S. 362 f.). Es wird, wie schon Roux (1893, S. 426) hervorgehoben hat, eine besondere Aufgabe der Entwicklungsmechanik sein, nachzuweisen, „in welchen speciellen Fällen kleine Aenderungen des Keimplasmas auch nur kleine Aenderungen des aus ihm Entwickelten zur Folge haben, unter welchen Verhältnissen dagegen sie große Veränderungen des letzteren, wie z. B. plötzliche Vermehrung der Zahl ganzer Organe oder Organkomplexe, veranlassen können".

Bei den Radiolarien ist die entwicklungsmechanische Methode vorläufig nicht zur Anwendung gekommen, und ihre Heranziehung wird wohl auch in Zukunft mit großen Schwierigkeiten verknüpft sein. Dennoch gewähren unsere Objekte bestimmte Anhaltspunkte für eine nähere Begründung der auch von anderen Forschern, z. B. von Plate (1908, S. 317) vertretenen Annahme, daß zwischen den genannten drei Kategorien keine strengen Unterschiede bestehen [1]), und damit liefern sie auch eine Erklärung für die Thatsache, daß nicht alle in der Natur beobachteten Variationsformen sich zwanglos einer der drei Klassen einreihen lassen.

Der Grund, weshalb gerade bei den Radiolarien in diese Verhältnisse etwas tiefer eingedrungen werden kann und die physiologischen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Typen der Variabilität deutlicher als bei vielzelligen Organismen hervortreten, liegt vor allem in dem Umstand, daß der Entwicklungsweg zwischen der nicht-differenzierten lebenden Substanz (dem Keim- oder Artplasma) und dem fertigen Gattungs- und Artbild verhältnismäßig kurz ist und daß es daher möglich ist, die entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge wenigstens zu einem großen Teil in ihre Elementarprozesse aufzulösen. Als ein besonders günstiges Moment kommt dabei in Betracht, daß der ganze, komplizierte, in vieler Hinsicht noch nicht analysierbare Mechanismus der Kern- und Zellteilung, welchem in der Entwicklungsphysiologie der Vielzelligen eine beherrschende Rolle zufällt, bei den Formbildungsvorgängen der Radiolarien nur in sehr geringem Maße hereinspielt und daß die verschiedenen Elementarprozesse, auf deren Zusammenwirken die Skelettbildung beruht, besonders die Sekretions- und intracellulären Sprossungsvorgänge, relativ einfacherer Art sind, als die komplexen, ihrerseits aus zahlreichen Elementarprozessen zusammengesetzten Zell- und Kernteilungsvorgänge.

1) Auch meine, seit mehreren Jahren mit zwei Rassen des Axolotl *(Amblystoma tigrinum)* ausgeführten Kreuzungsversuche haben zu dem Ergebnis geführt, daß der Albinismus wenigstens in diesem Falle eher einen fluktuierenden, als einen ausgesprochen mutativen Charakter zeigt, was ja im übrigen bei der Auffassung, daß er im wesentlichen eine Entwicklungshemmung darstellt, nicht zu verwundern ist (Verh. Deutsch. Zool. Ges. 1908).

Die Möglichkeit eines engen Zusammenhangs zwischen sprungweiser und kontinuierlicher Variabilität ergiebt sich nun daraus, daß die bei der Skelettbildung beteiligten Elementarprozesse allerdings physiologischer Natur sind, daß sie aber in ihrem Ablauf den physikalischen Gesetzen, welche für die Oberflächenspannung, die Kohäsion und Adhäsion, die Veränderungen der Aggregatzustände Giltigkeit haben, unterworfen sind. Damit hängt zusammen, daß die Elementarprozesse, welche zwischen die Veränderungen der lebenden Substanz selber und zwischen die Entfaltung des äußeren Artbildes eingeschoben sind, vielfach diskontinuierlicher Natur sind, in ähnlicher Weise, wie z. B. das Platzen einer Seifenblase oder die Ausfällung eines Salzes aus der Mutterlauge, und es folgt daraus schließlich, daß wir bei Sprüngen oder Diskontinuitäten in der Zusammensetzung des Artbildes nicht immer auf sprunghafte Abänderungen in der Konstitution der lebenden Substanz zurückzugreifen brauchen, daß vielmehr ihre Ursache häufig näher liegt, nämlich in diskontinuierlichen Verhältnissen rein physikalischer Natur, welchen die Elementarprozesse der Entwicklung unterliegen. Ein Beispiel wird dieses Verhältnis deutlicher hervortreten lassen. Es wurde früher zu zeigen versucht, daß die Struktur der Füllsubstanz, d. h. der inneren Schichten der Schalenwandungen und insbesondere der Gitterbalken und Radialstacheln, zunächst abhängig ist von der Größe, Zahl und Dichtigkeit der Tropfen, in welchen das Collenchym, d. h. die gallertige Vorstufe der Füllsubstanz, zur Abscheidung gelangt, und ferner davon, ob die Collenchymtropfen während ihres Wachstums getrennt bleiben oder vor Eintritt der Verkieselung in größerem Umfang zusammenfließen, ob also die Entwicklung der Collenchymsubstanz einen kontinuierlichen oder einen diskontinuierlichen Verlauf nimmt. Der Endeffekt, so wie er in den fertigen Strukturen zu Tage tritt, wird in beiden Fällen ein sehr verschiedener sein können — ich erinnere an die früher (S. 650) besprochenen Gegensätze zwischen gekammerten und hohlen Radialstacheln, zwischen „Radgelenken" und einfachen Knotenpunkten —, dagegen könnte sehr wohl angenommen werden, daß in den beiden Fällen die Unterschiede in der stofflichen Zusammensetzung des Keim- oder Artplasmas und damit auch der Abscheidungsprodukte nur minimale sind. Denn es ist klar, daß schon ganz geringe quantitative oder stoffliche Differenzen der letzteren genügen können, um in dem einen Fall ein Getrenntbleiben, im anderen ein Zusammenfließen der Tröpfchen herbeizuführen. Diesem Beispiel ist zu entnehmen, daß in der That sprungweisen Abänderungen des Artbildes kontinuierliche Abweichungen des Artplasmas zu Grunde liegen könnten.

Wenn wir uns nun zum Schluß der Frage zuwenden, welchen Variationen eine Bedeutung für die Artbildung zugeschrieben werden muß, so hängt die Möglichkeit ihrer teilweisen Beantwortung davon ab, ob bei den Radiolarien „morphologisch-geographische Formenketten" (P. und F. SARASIN, 1899; PLATE, 1907, S. 584) nachgewiesen werden können. Denn da bis jetzt keine Zuchtversuche vorliegen und da auch das paläontologische Material für das Studium der Artbildung nicht ausreichend ist, so sind wir zunächst ausschließlich auf die vergleichende Betrachtung benachbarter, zu einem Formenkreise gehöriger Lokalformen angewiesen. Stellt sich hierbei heraus, daß derartige Lokalformen nicht bloß geographisch aneinander stoßen, sondern auch in morphologischer Hinsicht kontinuierlich ineinander übergehen, daß also, wie PLATE sagt, die Reihen der räumlichen Verbreitung mit denjenigen der Gestaltsveränderungen zusammentreffen, so läßt sich für die Radiolarien

wenigstens ein Weg bezeichnen, auf welchem sich der Artbildungsprozeß mit Wahrscheinlichkeit vollzogen hat.

In der That läßt sich nun, speciell bei den Tripyleen, eine ganze Anzahl von morphologisch-geographischen Formenketten nachweisen, und zwar sehen wir innerhalb dieser Reihen bald nur ein einziges Merkmal, bald eine ganze Gruppe von solchen kontinuierlich variieren. In erster Linie kommen dabei diejenigen Charaktere in Betracht, welche in strengem Sinne des Wortes fluktuierende Abänderungen zeigen, vor allem die Größe, die Gesamtform des Körpers und die Masse des Skelettes, insbesondere die Schalendicke.

Mit Bezug auf die Größe bilden wahrscheinlich die beiden Rassen von *Aulacantha scolymantha*, die knepho- bezw. pamplanktonische Zwergrasse (var. *typica*, S. 502, Textfig. 133, 134) und die skotoplanktonische Riesenform (var. *bathybia*, Textfig. 135) eine solche Formenkette. Allerdings habe ich leider, solange mein Material noch vollständig war, versäumt, mittelst genauer Messungen der an den einzelnen Fundorten erbeuteten Exemplare den strengen Nachweis zu führen, daß die beiden Rassen hinsichtlich des Weichkörperdurchmessers kontinuierlich ineinander übergehen. Ich möchte aber auf Grund der vorliegenden Messungen vermuten, daß sich bei eingehender Untersuchung die Größenverhältnisse von *Aulacantha scolymantha* durch eine zweigipfelige Galton-Kurve werden darstellen lassen.

Eine Formenkette, deren beiden Hauptglieder sowohl durch die Größe, wie durch die Form voneinander unterschieden sind, bilden die atlantisch-indische, skotoplanktonische *Protocystis Sloggetti* (S. 525, Textfig. 149) und die bipolare, knephoplanktonische *P. Harstoni* (Textfig. 150). Die kleinsten *Sloggetti*-Exemplare kommen mit 0,2 mm Schalenhöhe den größten *Harstoni*-Exemplaren mit 0,18 mm sehr nahe, und in Bezug auf die Form bilden einige antarktische *Harstoni*-Exemplare Zwischenstufen (Syst. Teil, S. 270). Doch sind im ganzen die Uebergänge ziemlich selten, und wir haben also augenscheinlich zwei Formen vor uns, welche nahe daran sind, einen vollkommen selbständigen Charakter anzunehmen.

Hinsichtlich der Schalendicke bilden die Vertikalrassen von *Challengeron armatum* (S. 513, Textfig. 142) eine ausgeprägte Formenkette. Wie namentlich die Stufenfänge der indischen Station 229, aber auch andere Funde erkennen lassen, nimmt mit zunehmender Tiefe die Dicke der Schale kontinuierlich zu, während gleichzeitig die Zahl der Randstacheln im allgemeinen eine Abnahme erfährt. Aehnliche Verhältnisse scheint die Cyrtellariengattung *Lamprocyclas* darzubieten (Syst. Teil, S. 430).

Von besonderem Interesse sind nun ferner solche geographische Formenketten, deren einzelne Glieder durch Abänderung meristischer Charaktere entstehen. Eine mehrfach gegabelte Formenkette, auf welche ich schon bei meinen ersten Untersuchungen (1904) gestoßen bin, wird durch die Lokalformen der Großart *Aulospathis variabilis* (Taf. VII) gebildet. Da sich hier die meristischen Abänderungen auf die einzelnen Radialstacheln und zwar besonders auf deren Terminaläste erstrecken, also partieller Natur sind, und da bei den einzelnen Individuen einer Unterart die Radialstacheln in verschiedenem Grade und nach verschiedenen Richtungen hin variieren, so ist hier der Uebergang von Individuum zu Individuum, von Unterart zu Unterart trotz des meristischen Charakters der Abänderung ein ganz kontinuierlicher, und theoretisch wäre es daher möglich, mit Hilfe vieler Einzelkurven, welche die Zahlenverhältnisse der ver-

schiedenen Individuen je eines Fundortes zum Ausdruck bringen, eine abgeleitete Kurve zu konstruieren, welche die Uebergänge zwischen den einzelnen Unterarten graphisch veranschaulicht [1]). Eine besondere Komplikation erfahren in Wirklichkeit die Verhältnisse deshalb, weil bei *Aulospathis variabilis* außer den Terminalästen auch die Lateraläste ihrer Zahl und Anordnung nach beträchtliche Schwankungen aufweisen. Berücksichtigt man aber in erster Linie die Zahl der Terminaläste, so bildet die trioceanische *Aulospathis variabilis triodon* (Taf. VII, Fig. 78) eine Art Mittelpunkt, an welchem sich in den eigentlichen Tropen die Varianten *tetrodon* (Fig. 77) mit 4 und *aulodendroides* (Fig. 76) mit bis zu 9 Terminalästen angliedern, während in den kühleren Meeresgebieten, insbesondere im Benguelastrom, alle Uebergänge zur zweiästigen, antarktischen Variante *diodon* (Fig. 79) nachzuweisen sind. Gleichzeitig sehen wir aber, wie im Benguelastrom, in dessen tieferen Schichten (*Aulospathis*-Stufe der Tuscarorenschicht, 1000—1500 m) der Uebergang zwischen den Varietäten *triodon* und *diodon* sich vollzieht, auch eine Abzweigung in vertikaler Richtung, nach oben zu stattfindet, insofern gerade hier zahlreiche Zwischenformen zwischen *triodon* und *diodon* einerseits und der in höheren Schichten (*Pandora*-Stufe der Tuscarorenschicht, 400—1000 m) lebenden Unterart *monodon* (Fig. 80) gefunden werden. Schließlich ist zu erwähnen, daß in zwei zu beiden Seiten des Aequators gelegenen (subtropischen) Zonen die durch blasig aufgetriebene Stachelenden charakterisierten Varianten *bifurca* und *trifurca* (Fig. 72—75) sich von der Grundreihe *aulodendroides-tetrodon-triodon-diodon* abzugliedern und zu emancipieren bestrebt sind. Ob diese beiden Varianten andere Tiefenhorizonte bewohnen, als die Formen der Grundreihe, konnte nicht festgestellt werden. Die außerordentliche Dicke der Stachelwandung, durch welche einzelne Exemplare dieser Varietäten ausgezeichnet sind, würde auf ein Vorkommen in besonders großen Tiefen hinweisen.

Ebenso wie die meristischen Abänderungen partieller Natur zur Entstehung von morphologisch-geographischen Formenketten führen können, so gilt dies auch für die meristischen Schwankungen in der Stachelzahl und damit im strahligen Bau des Gesamtkörpers. So sind z. B. die beiden geographischen Unterarten von *Tuscaretta globosa,* die atlantische und die antarktische, in erster Linie durch die verschiedene Stachelzahl, daneben auch durch Schalenform und Schalendicke, charakterisiert, und auch bei *Tuscaretta tubulosa* spielt die Stachelzahl bei der Differenzierung der einzelnen Unterarten eine gewisse Rolle.

Schon bei mehreren der bisher besprochenen Formenketten handelt es sich nicht bloß um die allmähliche Abänderung eines einzigen, sondern um das gleichzeitige Variieren mehrerer Merkmale. Letztere Erscheinung tritt besonders schön bei der kosmopolitischen Großart *Auloceros arborescens* hervor, bei welcher fast alle äußeren Merkmale variabel sind, so die Zahl, die Verzweigungsweise und die Richtung der Terminaläste, der Ausbildungsgrad der Spathillen, die Größe und Beschaffenheit des Weichkörpers, die Zahl und Lage der Centralkapseln u. s. w. Da zwischen den meisten Merkmalen nur eine geringe Korrelation besteht, so zeigen die an den nämlichen Fundorten erbeuteten Individuen ein sehr wechselndes Aussehen, und es scheint zunächst fast unmöglich zu sein, eine systematische Gliederung unserer Großart vorzunehmen. Doch heben sich immerhin einige geographische Unterarten gewissermaßen als „Kerne" aus dem Chaos

1) Die Herstellung einer solchen abgeleiteten Kurve war mir nicht möglich, da gerade bei *Aulospathis* sehr zahlreiche Exemplare unvollständig waren, und zum Teil auch deshalb, weil bereits ein Teil des Materials geschnitten war, als ich an diese Verhältnisse näher herantrat.

von Formen hervor, so daß auch hier von Formenketten gesprochen werden kann (vergl. die Tafelerklärung zu Taf. III). Aehnliches gilt für *Aulokleptes ramosus, Aulosphaera bisternaria, Castanidium variabile* und manche andere unter den häufigeren, mehr oder weniger kosmopolitischen Tripyleen.

Alles in allem ergiebt sich, daß sowohl die eigentlich fluktuierenden (streng kontinuierlichen), als auch die meristischen Variationen bei der Bildung von morphologisch-geographischen Formenketten beteiligt sind, und daß wir also allen diesen Typen der Variabilität eine Bedeutung für die Artbildung zuzuschreiben haben. Jedenfalls findet die Annahme, daß die Glieder der hier aufgezählten Formenketten mutativ entstandene, selbständig nebeneinander fortlaufende und durch strenge Erblichkeit charakterisierte Elementararten vom *Oenothera*-Typus darstellen, in den Beobachtungen keine Stütze, und sie ist mindestens bei einigen Beispielen, so bei den Vertikalrassen von *Challengeron armatum,* bei den Unterarten von *Aulospathis variabilis,* direkt auszuschließen, da hier die Artbildung im wesentlichen auf dem Variieren eines einzigen Merkmales beruht und die Reihen nirgends eine Unterbrechung zeigen.

Da nun ferner mehrere der vorgeführten Beispiele die einzelnen Stufen der Artabtrennung in deutlichster Weise erkennen lassen — so zeigt z. B. *Aulospathis variabilis bifurca* die beginnende Emancipation von der Grundform, *Protocystis Harstoni* und *Sloggetti* lassen eine bereits sehr weit vorgeschrittene Durchteilung der Art hervortreten —, so scheint es mir keinem Zweifel zu unterliegen, daß die morphologisch-geographischen Formenketten der Tripyleen in ähnlicher Weise, wie dies von den Vettern Sarasin für die Landschnecken von Celebes und von Plate für die *Cerion*-Arten der Bahamas dargestellt wurde, den Artbildungsprozeß in seinen verschiedenen Etappen örtlich nebeneinander, also gleichzeitig vor Augen führen (vergl. auch Weismann, 1904, Bd. II, S. 254).

Es wird im Schlußabschnitt nochmals darauf hinzuweisen sein, daß bei den Tripyleen die Wirkung der Isolation, welche in den Formenketten der Landtiere in mehr oder weniger deutlicher Weise systematisch verwertbare Einschnitte hervorzurufen pflegt, in Wegfall kommt. Aber auch sonst sind unsere Formenketten von denjenigen der Landschnecken und anderer Landtiere[1]) unterschieden, vor allem dadurch, daß sich wenigstens in vielen Fällen die Abänderungen als zweckmäßig, die einzelnen Stufen der Variation demnach als Anpassungsstufen darstellen (siehe Abschnitt I und II) und daß wir daher die Annahme machen müssen, daß die Entstehung dieser Formenketten und überhaupt der Artbildungsprozeß der Tripyleen in hohem Maße von der Selektion beherrscht wird (vergl. Weismann, l. c. S. 252).

Es bleibt zum Schluß noch die Frage zur Beantwortung übrig, inwieweit bei den Radiolarien auch die anderen Typen der Variabilität für die Artbildung eine Bedeutung haben.

Wie früher auseinandergesetzt wurde, dürfen wohl die stachellosen Varianten vieler Tripyleenformen als retrogressive Mutationen angesehen werden. Ich erinnere z. B. an das Verhältnis der stachellosen *Protocystis*-Arten *tridens* und *acornis* (Taf. XLIX, Fig. 385 und 382) zu der einstacheligen *P. Swirei* (Fig. 384) und der zweistacheligen *P. bicornis* (Fig. 387). Ob nun

1) Namentlich auf ornithologischem Gebiete sind neuerdings einige sehr instruktive Formenketten bekannt geworden.

eine Entstehung solcher stachelloser Formen jederzeit stattfinden kann, oder ob sie nur unter gewissen Umständen vor sich geht, mag nicht weiter erörtert werden, jedenfalls dürfte aber mit der Möglichkeit zu rechnen sein, daß in diesem und in einigen ähnlichen Fällen unter geeigneten Bedingungen eine artliche Abzweigung und Selbständigmachung der stachellosen Defektrassen stattfinden könnte.

Bei dem eben erwähnten Beispiel handelt es sich um stachellose Formen, welche trotz ihres möglicherweise mutativen Charakters nicht ganz unvermittelt dastehen, sondern nur das äußerste Endglied einer Reihe bilden, in welcher offenbar eine successive Reduktion der Stachelzahl stattgefunden hat. Es fragt sich nun, ob wohl bei den Tripyleen auch solche mutative Prozesse, durch welche wirklich Neues, Unvermitteltes geschaffen wird, zur Entstehung selbständiger Arten führen können. Schon die stachellose Variante von *Cannosphaera antarctica* (Taf. XIV, Fig. 143), welche gegenüber der vollstacheligen Form nicht bloß in morphologischer, sondern sicher auch in hydrostatischer und ernährungsphysiologischer Hinsicht eine Abweichung darstellt, legt diese Frage nahe, und spätere Untersuchungen über die horizontale und vertikale Verbreitung und das jahreszeitliche Auftreten der Variante werden sicher Material zu ihrer Beantwortung beibringen können.

Im allgemeinen werden allerdings Partialmutationen, also sprungweise Abänderungen einzelner Teile des Radiolarien-Organismus, nicht im stande sein, lebenskräftige Rassen oder Arten zu schaffen. Setzen wir z. B. den Fall, in einem *Aulosphaera*-Skelett seien auf Grund eines progressiven (?degressiven) Prozesses sämtliche „Radgelenke" in einfache Knotenpunkte vom Castanellidentypus umgewandelt (S. 599, Textfig. 175), so würde damit offenbar noch kein harmonisches Gebilde entstehen können. Denn die vergleichende Betrachtung lehrt, daß sämtliche Castanelliden (vergl. S. 519, Textfig. 146; S. 613, Textfig. 183) sich von den Aulosphäriden nicht bloß durch die Beschaffenheit der Knotenpunkte, sondern regelmäßig auch durch zahlreiche andere Merkmale unterscheiden, so durch die stärkere Abrundung der in den Knotenpunkten zusammenstoßenden Winkel, durch ein anderes Verhältnis zwischen Balkenbreite und Porenweite, durch eine weniger regelmäßige Anordnung der Knotenpunkte und durch Ausfüllung der Balkenhohlräume mit sekundärer Kieselsubstanz. Diese Merkmale verdanken ihre ontogenetische Entstehung mindestens zum Teil selbständigen Elementarprozessen (S. 629), sie stehen also nicht in einer apriorischen, ontogenetischen Abhängigkeit voneinander (z. B. ist die Abscheidung der sekundären Kieselsubstanz ein von der Anordnung der Knotenpunkte durchaus unabhängiger Prozeß). Wenn nun trotzdem eine regelmäßige Kombination dieser nur zum Teil in Korrelation stehenden Merkmale besteht, so weist dies darauf hin, daß, falls den Castanelliden und Aulosphäriden thatsächlich eine gemeinsame phylogenetische Wurzel zuzuschreiben ist, der Uebergang von einer Gruppe zur anderen nicht auf Grund einer sprungweisen Abänderung eines Merkmals vor sich gegangen sein kann und daß dann die anderen Merkmale gewissermaßen mitgerissen worden sind, sondern daß sowohl die Castanelliden- wie die Aulosphäridenschalen, wie WEISMANN (1904, Bd. II, S. 258) sagt, Variationskomplexe darstellen, deren Entstehung wir uns als eine allmähliche, durch selektive Prozesse verschiedener Art beeinflußte zu denken haben. Wir kommen also auch auf diesem Wege zu der Anschauung zurück, daß bei den Radiolarien die fluktuierenden und meristischen Abänderungen die wesentliche Grundlage für die Artbildung bilden müssen.

Fortpflanzungsgeschichte.

Die Frage nach der Entstehung der Arten wird im Schlußwort, welches von dem Formenreichtum handelt, nochmals von anderen Gesichtspunkten aus in Angriff genommen werden. Hier soll den Kapiteln über Vererbung und Variation zunächst die Besprechung der Fortpflanzungsgeschichte angereiht werden, eine Zusammenstellung, die heutzutage keiner Rechtfertigung mehr bedarf.

Bezüglich der Fortpflanzungsgeschichte der Radiolarien sind wir in erster Linie auf die grundlegenden, aber untersuchungstechnisch bereits veralteten Arbeiten von R. Hertwig und Brandt über die Fortpflanzung der Collodarien und Polycytharien und auf die schönen Beobachtungen von Karawajew und namentlich von Borgert über die mitotische Zweiteilung von *Aulacantha scolymantha* angewiesen. Die Veröffentlichung weiterer, auf die amitotische Teilung und die Schwärmerbildung von *Aulacantha* bezüglicher Beobachtungen ist von seiten Borgert's angekündigt, und außerdem stehen, soviel mir bekannt ist, von zwei Seiten her ausführliche Bearbeitungen der Acantharien-Entwicklung in Aussicht.

Ich selbst bin, trotz des reichlichen und teilweise vorzüglich konservierten Materials, leider nicht in der Lage, für eine einzelne Tripyleengruppe eine vollständige Entwicklungsgeschichte zu liefern. Doch konnte ich eine ganze Reihe von Einzelfunden machen, von welchen einige auch für die allgemeine Fortpflanzungsgeschichte von Interesse sein dürften, und außerdem gelang es mir, dank einigen besonders glücklichen Zufallsfunden, bei einer Collodarie *(Oroscena regalis)* eine größere Strecke aus dem Fortpflanzungscyklus eingehender zu untersuchen. Meine Schüler, H. Mast, hat außerdem bei den Astrosphäriden der „Valdivia"-Ausbeute eine größere Anzahl bemerkenswerter Bilder gefunden, über welche er demnächst berichten wird.

Alles in allem ist es also bis jetzt noch nicht gelungen, auch nur für eine Form den schon auf Grund der Brandt'schen Untersuchungen sicher zu erwartenden Nachweis zu führen, daß die Fortpflanzungsgeschichte sich im allgemeinen als ein regelmäßiger Generationswechsel, ähnlich demjenigen anderer Protozoen, abspielt (vergl. auch Lang, 1901, S. 212), und so ist auch der Zeitpunkt noch nicht gekommen, um eine allgemeine Fortpflanzungsgeschichte der Radiolarien zusammenzustellen. Ich werde mich daher im folgenden darauf zu beschränken haben, dasjenige vorzuführen, was ich über die Centralkapsel, den Kern und die Kernteilungsvorgänge der Radiolarien zu ermitteln im stande war, und im Zusammenhang damit einige Einzelbefunde hervorzuheben, welche sich auf bestimmte Etappen des Fortpflanzungscyklus beziehen.

Wie bei den „vegetativen" Lebensprozessen im engeren Sinne des Wortes, so fällt der Centralkapsel der Radiolarien auch bei den Fortpflanzungsvorgängen eine bedeutsame Rolle zu: sie schließt den Kern im ruhenden Zustand und während der Teilung gegen die in der Extrasarkode sich abspielenden gröberen motorischen und ernährungsphysiologischen Prozesse ab; sie bildet, wenigstens bei bestimmten Teilungsvorgängen der Tripyleen, auch noch für die neugebildeten Tochterkerne für längere Zeit eine schützende Einfriedigung; ferner kann sie in Gestalt einer cystenartigen Embryonalhülle den Tochter-Individuen nach dem Verlassen der Mutterschale als provisorisches Schutzorgan dienen *(Challengeria, Planktonetta)*, und endlich

funktioniert sie bei den Spumellarien als Behälter für die Sporenmutterzellen und Sporennester bis zur Ausstreuung der reifen Schwärmer.

Diese vielseitige Aufgabe, welche der Centralkapsel bei der Fortpflanzung zufällt, sowie die bei den Tripyleen verbreitete Erscheinung, daß die Teilung der Centralkapsel zeitlich und in morphologisch-physiologischer Hinsicht viel engere Beziehungen zur Teilung des Kernes als zu derjenigen des Gesamtkörpers zeigt, lassen eine kurze Besprechung der Centralkapsel an dieser Stelle angebracht erscheinen. Ich werde mich dabei im wesentlichen auf die Aufzählung derjenigen Punkte beschränken, in welchen ich über die Ergebnisse meiner Vorgänger hinausgehen konnten.

Bau und Teilung der Centralkapsel.

Centralkapsel der Tripyleen. Die doppelte Natur der Centralkapselmembran, welche in der Regel unter den für die Tripyleen-Centralkapsel charakteristischen Merkmalen aufgezählt zu werden pflegt (vergl. Syst. Teil, S. 2), konnte nicht bei allen Gruppen mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. So fand ich z. B. bei den Cölodendriden auf Schnittpräparaten stets nur eine einfache Membran. Dagegen tritt die zweischichtige Struktur besonders deutlich bei einigen specialisierten Vorkommnissen hervor, so bei der Centralkapsel der größeren Medusettiden, bei welchen wahrscheinlich, wie schon FOWLER angegeben hat, das „Diaphragma" als eine lokale Verdichtung der äußeren Hülle (Ectocapsa) anzusehen ist (Taf. LVIII, Fig. 456), und bei der Embryonalhülle von *Challengeria* (S. 621, Textfig. 195, sowie Taf. LII, Fig. 430).

Was das andere, als charakteristisch angesehene Merkmal der Tripyleen-Centralkapsel, die Zahl der Oeffnungen, anbelangt, so konnte ich die Beobachtungen R. HERTWIG's, HAECKEL's und BORGERT's nach verschiedenen Richtungen hin ergänzen. Nachdem der Erstgenannte die Zweizahl der Parapylen oder Nebenöffnungen bei *Aulacantha, Aulosphaera* und *Coelodendrum,* HAECKEL dasselbe für die Conchariden und BORGERT (1891, 1905) für *Castanidium* und eine Tuscaroride nachgewiesen hatte, konnte ich bei einer Circoporide (Taf. XXXIII, Fig. 255), bei einer größeren Anzahl von Tuscaroriden (Taf. XXXIII, Fig. 253 u. a.) und bei einer Challengeride (*Challengeria Naresi,* Taf. LII, Fig. 429), die nämliche Zahl feststellen. Da in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nur eine Astropyle oder Hauptöffnung vorhanden ist, so darf in der That die tripylee Beschaffenheit der Centralkapsel als ein charakteristisches, wenn auch nicht ausnahmslos vorkommendes Merkmal unserer Radiolarien-Gruppe angesehen werden (vergl. Syst. Teil, S. 2).

Keine Parapylen wurden bisher bei den Astracanthiden, Cannosphäriden, Porospathiden und bei der von BORGERT aufgestellten Familie der Atlanticelliden beobachtet. Bei den offenbar als Jugendzustände zu deutenden Phäocollen (Taf. XLII, Fig. 302) war ihre Lage bei älteren Centralkapseln durch alveolenfreie Plasmahöfe angedeutet, bei den „isolierten Centralkapseln" (Syst. Teil, S. 461, Textfig. 94) tragen die Parapylen einen unfertigen Charakter. Endlich konnte bei den großen Medusettiden (Planktonetten, Nationaletten) der Nachweis geführt werden, daß die von FOWLER beschriebenen „communicating tubes", welche die Centralkapsel mit dem Diaphragma verbinden (Taf. LVII, Fig. 455; Taf. LVIII, Fig. 456), nichts anderes als eine Proliferation der Parapylen darstellen.

Die Astropylen treten in der nicht in Teilung befindlichen Centralkapsel fast überall in der Einzahl auf. Bei *Challengeria Naresi* fand ich aber regelmäßig zwei Astropylen (Taf. LII, Fig. 429, 430), womit ein Uebergang gebildet wird zu den Planktonetten und Nationaletten, bei welchen die „laminated projections" (suspensory processes) Fowler's als proliferierte Astropylen nachgewiesen werden konnten.

Bezüglich des Baues und der Funktion der Oeffnungen kann ich den Angaben von R. Hertwig (1879), Borgert (1891, 1900) und Karawajew (1895) nur wenig Neues hinzufügen. An den Parapylen fand ich bei allen Tripyleen, bei denen sie überhaupt beobachtet wurden, und namentlich sehr deutlich bei den Tuscaroriden den von den genannten Forschern beschriebenen Aufbau (Textfig. 206), nämlich den durch eine ringförmige Verdickung der Centralkapselmembran gebildeten Oeffnungshals *(öh)*, den halbkugeligen oder scheibenförmigen Bulbus *(b)* und den in seiner Mantelschicht fein gestreiften Oeffnungskegel *(ök)*, welcher sich in ein Rohr, die Paraboscis Borgert's, verlängert. Dieses Rohr ist speciell bei den Tuscaroriden, wie dies auch Borgert (1905, Fig. A) angedeutet hat, sehr stark verlängert und ziemlich nahe über der Centralkapselmembran unter rechtem Winkel abgebogen (Taf. XXIV, Fig. 183; Taf. XXXII, Fig. 240). Die beiden Kamine *(ka)*, wie ich in solchen Fällen die dem eigentlichen Oeffnungskegel aufgesetzten rohrförmigen Gebilde nennen möchte, sind regelmäßig voneinander abgekehrt und liegen in der die drei Centralkapselöffnungen verbindenden Medianebene. Angesichts dieser konstanten Anordnung kann kein Zweifel darüber bestehen, daß es sich wirklich um relativ starre Organellen handelt und nicht etwa, wie von einzelnen, durch die Konservierung verquollenen Objekten vorgetäuscht wird, um eine Reihe austretender Flüssigkeitstropfen. Die unter den Parapylen gelagerte alveolenfreie Plasmainsel, der Parapylenhof *(ph)*, zeigt, wie auch von Borgert (1900) angegeben wird, häufig eine deutliche Radiärstreifung (Textfig. 208).

Fig. 206. Parapyle von *Tuscaretta passercula*. *Ka* Kamin, *ök* Oeffnungskegel, *öh* Oeffnungshof, *b* Bulbus, *ph* Parapylenhof.

Von weiteren Einzelheiten, welche vielleicht für die Kenntnis der Parapylen einige Bedeutung haben, sei noch folgendes erwähnt:

Der Oeffnungshals stellte sich bei den beiden Parapylen eines Exemplars von *Aulatractus fusiformis* als ein besonders breiter Kragen dar, welcher eine deutliche Kontinuität mit der (? doppelten) Centralkapselmembran erkennen ließ (Textfig. 209, 210c).

Der scheibenförmige Bulbus zeigte bei *Tuscaretta passercula* in seinen Randpartien einen Kranz von dunklen (zum Teil scheinbar vakuolisierten) Tröpfchen, welche sich nach außen in einige besonders starke Mantelfasern des Oeffnungskegels fortsetzen (Textfig. 206, 207). Während bei einem Exemplar von *Aulatractus* (Textfig. 208) und ebenso bei der einen Parapyle eines anderen Exemplars (Textfig. 209) der Bulbus sich als eine homogen gefärbte, napf- oder kuchenförmige Masse darstellte, machte er bei der Schwester-Parapyle der letzteren den Eindruck eines Hohlringes, durch dessen Oeffnung die streifig erscheinende Intrasarkode lavaartig durchgebrochen war (Kunstprodukt? Textfig. 210a—c).

Der Oeffnungskegel erschien bei einem jugendlichen Exemplar von *Aulatractus* deutlich als ein schlauch- oder strumpfartiges Gebilde, welches dem Oeffnungshalse an seiner Außenseite aufgesetzt war (Textfig. 208; auch in 210 b und c zu sehen).

Das Kamin konnte in keinem Falle als ein hohles Gebilde mit Sicherheit erkannt werden, doch fand sich einmal bei *Tuscaretta* in seinem Anfangsabschnitt eine färbbare Masse, welche den Eindruck eines den Hohlraum des Rohres ausfüllenden, durch die Konservierung geschrumpften Sekretpfropfens machte (Textfig. 207).

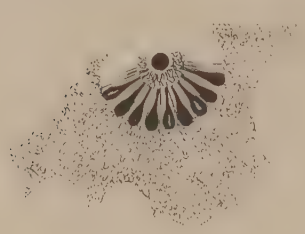


Fig. 207.

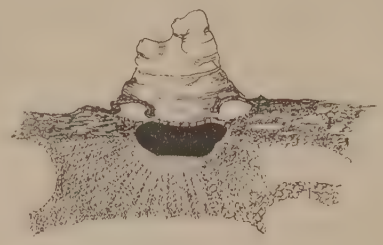


Fig. 208.

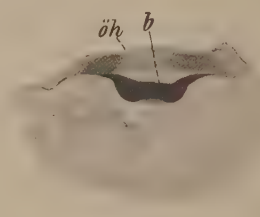


Fig. 209.

Fig. 207. Schräger Tangentialschnitt durch eine Parapyle von *Tuscaretta passercula*.
Fig. 208. Parapyle von *Aulatractus*.
Fig. 209. Parapyle von *Aulatractus*, angeschnitten. *öh* Oeffnungshals, *b* Bulbus.

So wenig nun auch alle Strukturverhältnisse der Parapylen vollständig aufgeklärt werden konnten[1]), so dürfte doch feststehen, daß sie wirklich „Oeffnungen" der Centralkapsel darstellen, daß sie aber bei der Nahrungsaufnahme unbeteiligt, also nicht als Ingestionsöffnungen zu betrachen sind. Dagegen spricht schon ihre vom Phäodium abgewandte Lage, vor allem aber auch der Umstand, daß bei einigen Formen, z. B. bei den Tuscaroren (vergl.

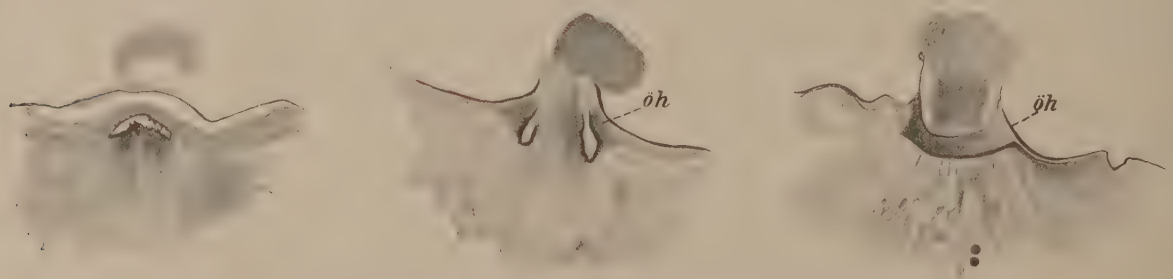


Fig. 210 a—c. Drei Schnitte durch eine Parapyle von *Aulatractus* (Schwesterparapyle zu Fig. 209).

den allerdings geschrumpften Längsschnitt Taf. XXIII, Fig. 182), die Parapylenseite regelmäßig der Schalenwandung dicht angeschmiegt ist, so daß eine nähere Berührung der Parapylen mit Nahrungskörpern ausgeschlossen erscheint. Dagegen liegt es nahe, daran zu denken, daß sie Egestionsöffnungen sind, durch welche nicht bloß gasförmige Stoffwechselprodukte, sondern vor allem auch die hydrostatischen Zwecken dienende Alveolenflüssigkeit (S. 511) abgeschieden werden kann. In den Fällen, wo der Bulbus eine linsen- oder scheibenförmige Gestalt und eine

1) So blieb unentschieden, ob die Basis des Bulbus wirklich immer, wie BORGERT (1900, S. 255) angiebt, von einer oder von mehreren porenartigen Oeffnungen durchbrochen ist, ob das Kamin wirklich hohl oder von einem Fortsatz der Intrasarkode durchsetzt ist u. s. w.

anscheinend kompakte Beschaffenheit besitzt, wie z. B. bei den Tuscaroriden, würde man ihn vielleicht als einen eigentlichen Exkretions- oder Filtrierapparat bezeichnen dürfen.

Was die Astropylen anbelangt, so ergab eine Untersuchung der lebenden *Aulacantha* mittelst Methylenblaufärbung, daß das Operculum oder der strahlige Deckel der Hauptöffnung sich im Gegensatz zu der übrigen Centralkapselwandung hellblau färbt. Offenbar stellt also das Operculum eine für flüssige Substanzen durchlässige osmotische Membran dar, während die Strahlen, wie auf Schnitten zu ersehen ist, lamellenartige, durch undifferenzierte Plasmapartien oder auch durch Gallertstreifen getrennte Differenzierungen der Intrasarkode sind [1]) und wahrscheinlich als Versteifungseinrichtungen, vielleicht auch als Leitbahnen für den eintretenden Nahrungsstrom dienen. Speciell bei der Centralkapsel eines *Aulatractus*-Exemplars, welches, wie der in

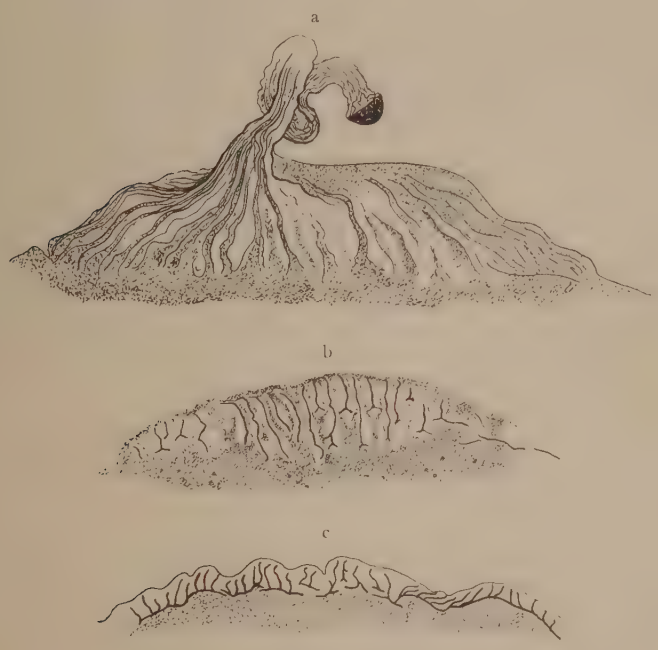


Fig. 211a—c.

Fig. 212.

Fig. 211a—c. Drei Schnitte durch die Astropyle eines jungen *Aulatractus*.

Fig. 212. Schnitt durch die Proboscis von *Tuscaretta passercula*.

Telophase befindliche Kern zeigte, noch jugendlichen Charakter hatte, waren die Zwischenräume zwischen den einzelnen Lamellen teilweise noch vollständig mit feinkörniger Sarkode angefüllt, zum Teil war aber die Sarkode großenteils schon durch eine ungefärbte, wahrscheinlich gallertige Substanz verdrängt, welche zunächst in der unmittelbaren Nachbarschaft der Lamellen selber zur Ausbildung gelangt, nach und nach aber die Zwischenräume zwischen den Lamellen vollständig einnimmt (Textfig. 211a—b, vergl. 212). Hinsichtlich der Verbindung der äußeren Kanten der Lamellen mit der Centralkapselmembran bin ich bei keinem Objekte zu vollständiger Klarheit gelangt. Die inneren Kanten sind bei den Tuscaroren verdickt und zeigen dementsprechend im Durchschnitte knopfförmige Anschwellungen (Textfig. 212; Taf. XXIV, Fig. 183), bei *Aulatractus* dagegen sind sie in einiger Entfernung von der Proboscis in zwei Flügel gespalten, so daß jede

1) Karawajew hat zuerst festgestellt, daß die Streifen des Operculums den Charakter von Lamellen haben.

einzelne Lamelle einem Postament aufzusitzen scheint (Textfig. 211 b). Gegen den Rand des Operculums zu verschmelzen diese Postamente zu einem velumartigen Ringsaum (Textfig. 211 c).

Die Proboscis erwies sich in einzelnen Fällen mit Sicherheit als ein eigentliches Rohr, in dessen basale Partien sich die centralen Enden einzelner Radiärlamellen in Form von feinsten Leisten oder Falten fortsetzen, so bei *Tuscaretta passercula* (Textfig. 212) und *Aulatractus* (Textfig. 211 a). Im Gegensatz zu dem strahligen Deckel der Astropyle dürfte die Proboscis schwerlich als eine Ingestionsöffnung aufzufassen sein, vielmehr möchte ich vermuten, daß sie eine ähnliche Funktion wie die Oeffnungskegel und Kamine der Parapylen besitzt, also bei den exkretorischen Vorgängen beteiligt ist. Bei den mit zahlreichen Parapylen ausgestatteten Planktonetten und Nationaletten scheinen die Astropylen keine Proboscis zu besitzen (Taf. LVII, Fig. 455; Taf. LVIII, Fig. 456; Taf. LIX, Fig. 459).

Vor der Teilung der Centralkapsel wird, wie schon BORGERT gezeigt hat, die Zahl der Parapylen durch Neubildung auf vier erhöht, so daß jede Tochterkapsel wiederum zwei erhält. Die Astropylen der Tochterkapseln werden bei den Zweiteilungsprozessen von *Aulosphaera* und *Aulacantha* durch Teilung der Astropyle der Mutterkapsel gebildet [R. HERTWIG[1]), BORGERT], und ähnliche Verhältnisse fand ich auch bei mehrkapseligen Aulacanthiden vor. So hatten bei einem Exemplar von *Aulokleptes ramosus,* welches 4 Centralkapseln, darunter 2 zweikernige besaß, die Astropylen der letzteren eine hantel- oder biskuitförmige Gestalt angenommen und sich dabei so ausgestreckt, daß sie an der einen Seite der ellipsoidischen Centralkapsel einen großen Teil des Umfanges bedeckten. Die Zahl der Parapylen war bei diesen Kapseln bereits auf vier erhöht worden.

Zahl und Vermehrung der Centralkapseln der Tripyleen.

Zahl der Centralkapseln. Bei den meisten Tripyleen ist außerhalb der Teilungsperioden nur eine Centralkapsel vorhanden (monocystine Formen). Indessen konnte an der Hand des „Valdivia"-Materials der Nachweis geführt werden, daß die Angehörigen einer Anzahl von Gruppen normalerweise mit zwei Centralkapseln ausgestattet sind (dicystine Formen). Es sind dies mehrere Aulacanthiden aus den Gattungen *Aulographis* (S. 556, Textfig. 154, 2), *Auloceros* (Taf. III) und *Aulokleptes* (Taf. IV, Fig. 37), sodann die Astracanthiden (Taf. LXXII, Fig. 530) und Tuscaroriden (Taf. XXII ff.), sowie *Phaeocolla valdiviae* (Taf. XLII, Fig. 302), welche indessen wahrscheinlich nur den skelettlosen Jugendzustand einer dicystinen Aulacanthidenart darstellt. Während in der Regel näher verwandte Formen die gleiche Anzahl von Centralkapseln besitzen und insbesondere die zahlreichen Arten der Tuscaroriden durchweg als dicystin nachgewiesen werden konnten, schwankt die Zahl der Kapseln innerhalb der Großart *Auloceros arborescens,* indem einige Unterarten monocystin, andere dicystin sind.

Durchschnürung der Centralkapsel. Die Vermehrung der Centralkapseln erfolgt auf Grund eines Durchschnürungsprozesses, welcher von einem die Astropyle schneidenden Aequator ausgeht (Näheres bei BORGERT, 1900, S. 238). Bemerkenswert ist nun vor allem, daß

1) Vergl. R. HERTWIG, 1879, Taf. X, Fig. 2 (kopiert im Syst. Teil, S. 109, Textfig. 15).

der Zeitpunkt der Kapselteilung ein verschiedener sein kann, so daß man einen *Aulacantha*- und einen *Aulosphaera*-Typus unterscheiden kann: bei *Aulacantha scolymantha* nimmt die an der aboralen (parapylären) Seite beginnende Durchschnürung bereits ihren Anfang, wenn die Tochterkernplatten, d. h. die sich rekonstruierenden Tochterkerne das Maximum ihres Abstandes erreicht haben und, unter Zurückkrümmung ihrer Ränder, die für diese Phase charakteristische schüsselförmige Gestalt anzunehmen beginnen (Borgert), dagegen erfolgt bei vielen anderen Formen die Kapselteilung erst, nachdem die Kerne in das „Ruhestadium" eingetreten sind und sich, unter Freilassung einer plasmatischen Zwischenschicht, gegenseitig stark genähert und an ihrer Medianseite mehr oder weniger abgeplattet haben, also in dem schon von früheren Autoren (R. Hertwig, Haeckel) bei verschiedenen Formen beobachteten zweikernigen Stadium (vergl. R. Hertwig, 1879, Taf. X, Fig. 2, kopiert im Syst. Teil, S. 109, Textfig. 15). Der Vorgang der Durchschnürung wurde allerdings in diesem Stadium niemals in allen seinen Phasen beobachtet, doch steht es außer Zweifel, daß auf das zweikernige Stadium thatsächlich immer eine Zweiteilung der Kapsel erfolgt, und daß nicht etwa Kopulationszustände in Betracht kommen (vergl. auch R. Hertwig, 1879, S. 100). Darauf weist in erster Linie eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen mehrkapseligen Stadien hin: so findet man z. B. nebeneinander vierkapselige Stadien mit lauter einkernigen Kapseln, solche mit zwei einkernigen und zwei zweikernigen Kapseln (Textfig. 213) und endlich sechskapselige mit ausschließlich einkernigen Kapseln. Es kann danach kein Zweifel darüber bestehen, daß die letzteren dadurch zu stande kommen, daß im Vierkapselstadium zunächst zwei Kapseln ihre Kerne verdoppeln und dann in zwei Tochterkapseln zerfallen. Auch zeigen, wie bereits erwähnt wurde, speciell im vierkapselig-sechskernigen Zwischenstadium die zweikernigen Kapseln eine Vermehrung der Oeffnungen, nämlich 4 Parapylen und eine hantelförmig eingeschnürte Astropyle, ebenfalls ein deutlicher Hinweis darauf, daß das doppelkernige Stadium mit der Zweiteilung der Kapsel zusammenhängt.

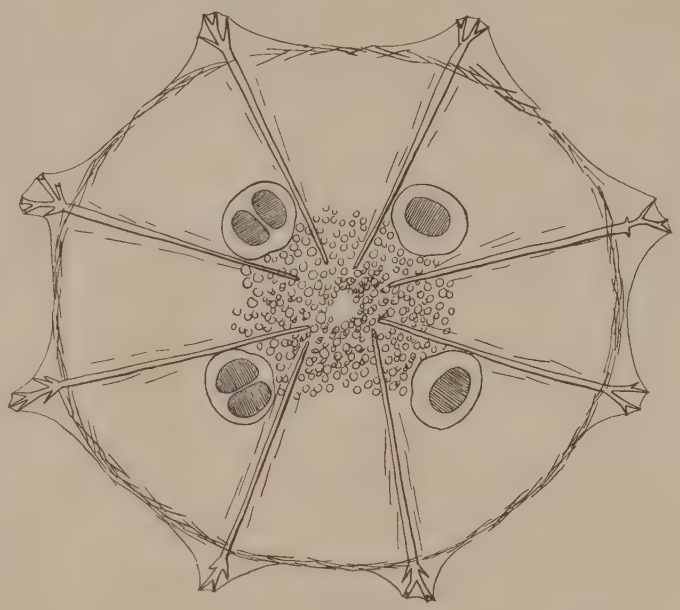


Fig. 213. *Aulokleptes ramosus.* Uebergang vom 4- zum 6-Kapsel-Stadium.

Teilung der Centralkapsel bei monocystinen Tripyleen. Die Teilung der Centralkapsel bei einer monocystinen Form, bei *Aulacantha scolymantha*, ist von Borgert (1900) sehr genau beschrieben worden. Hier beginnt, wie erwähnt, die Durchschnürung bereits in den späteren Telophasen, also vor erfolgter Rekonstruktion der Tochterkerne. Daneben kommen allerdings, wie schon Hertwig angegeben hat, auch bei *Aulacantha* einkapselig-zweikernige Stadien vor, welche aber offenbar einem anderen Abschnitt des Entwicklungscyklus angehören (? direkte

Kernteilung BORGERT's). Bei den beschalten Monocystinen wurden sowohl einkapselig-zweikernige, wie zweikapselige Stadien beobachtet, dagegen konnten bis jetzt noch keine Bilder gefunden werden, welche entsprechend den Beobachtungen BORGERT's eine schon während der Telophasen des Kernes vor sich gehende Durchschnürung der Centralkapsel erkennen lassen.

Stadien mit einer Centralkapsel und zwei Kernen wurden bisher bei folgenden beschalten Monocystinen beobachtet: *Aulosphaera* (R. HERTWIG, 1879, Taf. X, Fig. 2), *Coelacantha* (ebenda, Taf. IX, Fig. 2) und *Cannosphaera* („Valdivia"), *Circospathis sexfurca* („Vald.", Taf. XXXIII, Fig. 255), *Challengeron armatum* („Vald.", Taf. LI, Fig. 419; S. 513, Textfig. 142), Conchariden (HAECKEL), *Coelodendrum lappaceum* („Vald.").

Stadien mit zwei einkernigen Centralkapseln sind bekannt geworden bei Castanelliden („Vald."), *Protocystis Swirei, Harstoni* und *Balfouri* („Vald."), *Euphysetta Lucani* (BORGERT).

Außerdem enthielt das „Valdivia"-Material folgende hierher gehörige Entwicklungsstadien: ein *Castanidium variabile* mit 2 Centralkapseln, deren Kerne in Teilung sind (Taf. XLI, Fig. 300); ein Exemplar von *Sagenoarium dicranon* mit 4 Centralkapseln; eine *Planktonetta atlantica* mit 3 Centralkapseln (Taf. LVI, Fig. 453; Taf. LIX, Fig. 459) und eine Kolonie von *Nationaletta valdiviae* mit 4 Individuen (Taf. LIV, Fig. 445).

Vermehrung der monocystinen Formen. Bei den monocystinen Tripyleen wurden sowohl solche Stadien gefunden, welche sich auf die „vegetative" Zweiteilung beziehen als auch solche, die zur Koloniebildung führen.

Schon *Aulacantha scolymantha* kann als Beispiel hierfür gelten. Die mit mitotischer Teilung verbundenen vegetativen Vermehrungsvorgänge haben den Gegenstand der Untersuchung BORGERT's gebildet. Auf der anderen Seite wurden aber schon von KARAWAJEW drei- und vierkapselige Stadien von *Aulacantha* beschrieben, im „Valdivia"-Material fanden sich vierkapselige (S. 502, Textfig. 134) und im „Gauß"-Material mehrkapselige „Kolonien". Von der ebenfalls monocystinen Gattung *Aulospathis* liegen mir keine Stadien vor, die mit Bestimmtheit auf die vegetative Zweiteilung bezogen werden könnten, dagegen fanden sich speciell von *Aulospathis variabilis tetrodon* und *aulodendroides* „Kolonien" mit 8 und solche mit 16 Centralkapseln.

Ob die bei den beschalten Monocystinen gefundenen einkapselig-zweikernigen und zweikapselig-einkernigen Stadien der Periode der „vegetativen" Zweiteilung angehören, oder ob wir es mit Anfangsstadien zu tun haben, welche zur „Kolonie"- oder auch zur „Schwärmerbildung" führen, ist bis jetzt nicht zu entscheiden.

In ersterem Falle könnte angenommen werden, daß die vegetative Zweiteilung, beispielsweise einer Challengeride oder einer kleinen Medusettide, im ganzen derjenigen von *Euglypha* und anderen Süßwassermonothalamien entspricht, also in der Weise verläuft, daß ein Teil der Sarkode des Mutterindividuums aus dem Pylom austritt und zur Anlage des Tochterindividuums wird. Allerdings würde ein Unterschied insofern bestehen, als bei den Tripyleen die Teilung von Kern und Centralkapsel bereits in der Mutterschale vollständig durchgeführt wird, während bei *Euglypha* der Kern des Tochterindividuums schon während der Telophase in die Tochtersarkode übertritt. Eine andere Verschiedenheit würde darin liegen, daß, wenigstens bei *Challengeria Naresi* (Taf. LII, Fig. 430), das Tochterindividuum nicht sofort die definitive Schale bildet, sondern sich zunächst mit einer provisorischen Embryonalhülle umgiebt (vergl. S. 621).

Eine weitere Frage ist, wie die drei- und vierkapseligen Stadien von *Sagenoarium, Castanidium, Planktonetta* und *Nationaletta* aufzufassen sind, ob sie also einem modifizierten „vegetativen" Teilungsprozeß (mit zwei zusammengezogenen Teilungsschritten) angehören, oder ob sie mehr der „Koloniebildung" der dicystinen Tripyleen vergleichbar sind. Für *Sagenoarium* und *Castanidium* möchte ich die Frage unbeantwortet lassen, dagegen scheint mir bei einem Vergleich des dreikapseligen Stadiums von *Planktonetta* und der vierteiligen *Nationaletta*-Kolonie die Annahme nahezuliegen, daß bei den größeren Medusettiden die Vermehrung nach einem intermediären Modus erfolgt, der zwischen der vegetativen Zweiteilung beispielsweise von *Aulacantha* und der Koloniebildung liegt. *Planktonetta* und *Nationaletta* würden dann zwei verschiedene Typen des intermediären Modus repräsentieren: bei ersterer teilt sich nach der primären Teilung die aus der Mutterschale herausgetretene Tochterkapsel sofort ein zweites Mal, die beiden Tochterkapseln umgeben sich, wie die Tochterkapsel von *Challengeria Naresi,* zunächst mit einer Embryonalhülle und bilden, vermutlich erst nach der Loslösung vom Mutterindividuum, ein vollständiges Skelett aus; bei *Nationaletta* dagegen entstehen, wie bei *Sagenoarium* und *Castanidium,* 4 Enkelkapseln, welche eine vierteilige Kolonie bilden, entweder indem das mütterliche Skelett erhalten bleibt und nur drei neue Schalen abgeschieden werden, oder unter Aufgabe des ersteren und Neubildung von vier Gehäusen.

Teilung der Centralkapseln bei den dicystinen Formen. Bei den dicystinen Aulacanthiden habe ich ausschließlich Centralkapselteilungen vom *Aulosphaera*-Typus beobachtet, und zwar konnte bei *Aulokleptes ramosus* und *Aulographis pandora* festgestellt werden, daß schon beim Uebergang vom Zwei- zum Drei- und Vierkapselstadium die Durchschnürung der Centralkapsel diesem Typus folgt. Denn es fanden sich zweikapselige Stadien, bei welchen die eine Centralkapsel doppelkernig war. Ebenso verläuft der Durchschnürungsprozeß bei der weiteren Vermehrung der Centralkapseln (s. oben S. 671, Textfig. 213). Bei den ebenfalls dicystinen Tuscaroriden wurden dagegen, im Gegensatz zu den nahe verwandten (monocystinen) Circoporiden und Castanelliden, niemals zweikernige Centralkapseln gefunden. Allerdings besitzt bei älteren Centralkapseln der Kern vielfach eine ausgesprochen zweilappige Gestalt (Taf. XXXII, Fig. 242, 243), doch scheint es mir sehr fraglich zu sein, ob diese merkwürdigen Kernformen als Kernfragmentierungszustände zu betrachten sind und ob etwa die schmale Brücke zwischen den beiden Lappen vollkommen zurückgebildet wird. Vielmehr glaube ich, daß dieser durch eine beträchtliche Oberflächenentwicklung ausgezeichnete Kerntypus nur eine ernährungsphysiologische Bedeutung hat. Es muß also leider dahingestellt bleiben, ob die Durchschnürung der Centralkapsel bei den Tuscaroriden dem *Aulacantha*- oder dem *Aulosphaera*-Typus oder einem anderen Modus folgt.

Vermehrung der dicystinen Formen. Die Fortpflanzung der dicystinen Aulacanthiden erfolgt mindestens auf zwei verschiedene Arten, nämlich auf dem Wege der vegetativen Zweiteilung und auf dem der Koloniebildung.

Daß speciell der erste Modus auch bei den Dicystinen verbreitet ist, darauf wiesen einige zweikapselige *Auloceros*-Exemplare hin, welche, wie die einseitige Anordnung der Phäodien und der Radialstacheln deutlich erkennen ließ, durch Zweiteilung eines vierkapseligen Mutterindividuums eben entstanden sein müssen[1]). Es wäre danach anzunehmen, daß bei den dicystinen Formen

1) Leider sind die betreffenden Präparate zu Grunde gegangen, so daß ich nicht im stande bin, eine genaue Abbildung zu geben.

die Zahl der Centralkapseln schon vor der Durchschnürung verdoppelt wird, so daß jedes Tochterindividuum mit zwei Kapseln ausgestattet wird, in ähnlicher Weise, wie bei anderen zweikernigen Protozoen, z. B. bei *Amoeba binucleata* nach SCHAUDINN (1895), bei *Arcella vulgaris* nach ELPATIEWSKY (1907), die Vermehrung der Kerne noch vor der endgiltigen Durchteilung des Mutterindividuums erfolgt. Auf alle Fälle dürfte aber ein Teil der bei den dicystinen Aulacanthiden gefundenen vierkapseligen Stadien mit den vegetativen Zweiteilungsprozessen zusammenhängen.

Andere vierkapselige Formen sind sicher auf dem Wege zur Koloniebildung befindliche Stadien. Wie dies bei *Aulacantha* der Fall ist (KARAWAJEW), so verlaufen auch bei den dicystinen Aulacanthiden die zur Koloniebildung führenden Prozesse nicht synchron (heterochron), d. h. die Kapseln gleicher Generation teilen sich nicht zu gleicher Zeit. So fanden sich denn unter anderem folgende Stadien vor: zweikapselige Individuen mit einer einkernigen und einer zweikernigen Kapsel; dreikapselige Individuen; vierkapselige Individuen mit 4 einkernigen Kapseln; vierkapselige Individuen mit 2 einkernigen und 2 zweikernigen Kapseln; sechskapselige und acht- bis zehnkapselige Individuen. Die höchste Kapselzahl, die mir bei dicystinen Formen begegnet ist, betrug 10. Sie fand sich bei einem Exemplar von *Aulographis pandora* aus T.-St. 73.

Mit der Ungleichzeitigkeit der Teilungen hängt offenbar, wie gleich hier bemerkt werden soll, zusammen, daß bei den dicystinen Aulacanthiden sehr häufig die beiden Kerne nicht die nämlichen Strukturverhältnisse aufweisen, sowie wahrscheinlich auch die noch auffälligere Erscheinung, daß die beiden Kerne nicht selten einen ungleichmäßigen Konservierungszustand zeigen.

Ueber die Entstehung der Kolonien der Tuscaroren habe ich keine Beobachtungen anstellen können. Wie man sich den Vorgang etwa zu denken hat, ist im Systematischen Teil (S. 207) näher ausgeführt worden. Jedenfalls kann das in T.-St. 74 gefundene vierkapselige Individuum von *Tuscaretta tubulosa* nicht ohne weiteres herangezogen werden, da es wenigstens in Bezug auf die Schalenstruktur abnorme Verhältnisse zeigt.

Es bleibt bei den dicystinen Formen noch die Frage zur Beantwortung übrig, auf welche Weise der zweikapselige Normalzustand zu Beginn des Fortpflanzungscyklus seine Entstehung nimmt. Was die dicystinen Aulacanthiden anbelangt, so dürfte es wahrscheinlich sein, daß sie sich, wie die Aulacanthiden überhaupt, aus nackten, *Phaeocolla*-ähnlichen Jugendzuständen heraus entwickeln. Nun sind aber speciell bei *Phaeocolla valdiviae* sämtliche Größenabstufungen bereits mit zwei Centralkapseln ausgestattet (Taf. XLII, Fig. 302), und so ist anzunehmen, daß bei den dicystinen Aulacanthiden der zweikapselige Zustand schon von sehr frühen, nackten Jugendstadien an datiert.

Bei den Tuscaroren wurden wiederholt Bilder gefunden, welche die Kerne der beiden noch sehr kleinen Centralkapseln im Stadium der Telophase zeigen (Taf. XXXII, Fig. 248; Taf. XXXIII, Fig. 251), und zwar ist die gegenseitige Orientierung der Centralkapseln und ihrer Kerne eine derartige, daß man erstere wohl als Schwestern, d. h. als Abkömmlinge einer Mutterkapsel ansehen darf. Es würde also aus diesem Befunde zunächst für die Tuscaroriden der Schluß zu ziehen sei, daß der zweikapselige Zustand durch einen Teilungsakt und nicht etwa durch Kopulation zweier Individuen erreicht wird, und vielleicht ist es erlaubt, diese Folgerung auch auf die zweikapseligen Phäocollen und damit auf die dicystinen Aulacanthiden auszudehnen.

Sporenbildung bei Tripyleen. Borgert's demnächst zu erwartende Arbeit über die Schwärmerbildung bei *Aulacantha* wird berufen sein, eine wichtige Lücke in unserer Kenntnis von der Fortpflanzungsgeschichte der Tripyleen auszufüllen. Ich selbst habe im „Valdivia"-Material nur ganz vereinzelte Funde gemacht, welche mit der Schwärmerbildung der Tripyleen in Zusammenhang gebracht werden können.

Bei 2 zweikapseligen, aus T.-St. 145 stammenden Individuen von *Aulographis pandora* sah ich — im einen Fall in beiden, im anderen nur in einer der Centralkapseln — teils innerhalb des Kernraums, teils in der Intrasarkode eine größere Anzahl von chromatinarmen, von einem Bläschen umschlossenen, doppelkernartigen Gebilden (Syst. Teil, S. 23, Textfig. 7). Da die Kerne der Centralkapseln in allen Fällen die später zu beschreibenden Prophasen der Chromosomenbildung aufwiesen, so lag es nahe, diese Doppelkerne als Stadien der Sporenbildung aufzufassen. Bei einem dritten Exemplar derselben Art (T.-St. 66) enthielt die Intrasarkode der einen Centralkapsel zahlreiche kugelige Bläschen, welche je etwa acht gleich große rundliche Binnenkörper einschlossen. Der Kern besaß eine grobschollige Struktur. Die Aehnlichkeit der Bläschen mit den „Chromosomenbläschen" von *Oroscena* legt hier noch mehr, als in den beiden anderen Fällen, die Vermutung nahe, daß es sich um ein Stadium der Sporenbildung handle, doch war leider die Konservierung keine ausreichende, um eine sichere Deutung des Befundes zu ermöglichen.

Zweifelhafter Art sind auch die im Systematischen Teil erwähnten Befunde bei *Sagenoscena irmingeriana* (S. 135; Taf. XLVI, Fig. 348) und bei *Euphysetta amphicodon* (S. 301, Textfig. 39; Taf. LIII, Fig. 440).

Auf die Frage, inwieweit vielleicht die Koloniebildung der Aulacanthiden und anderer Formen zu der Vermehrung durch Schwärmer in Beziehung zu bringen ist (Syst. Teil, S. 24) — ein Zusammenhang, dessen Möglichkeit angesichts der Aehnlichkeit der doppelkernigen Centralkapseln der dicystinen Aulacanthiden mit dem Doppelkernstadium von *Oroscena,* sowie im Hinblick auf die Uebereinstimmungen in der Chromosomenbildung wohl nicht ganz auszuschließen ist —, soll ebenfalls wegen ungenügender Anhaltspunkte nicht weiter eingegangen werden.

Kern und Kernteilung bei den Tripyleen.

Form des Tripyleenkernes. Je nachdem die Centralkapsel die bekannte ellipsoidische Gestalt mit leicht abgeplatteter Parapylen- und etwas vorgewölbter Astropylenseite hat (Taf. XLII, Fig. 302) oder sich der Kugelform nähert (*Aulacantha;* vergl. Borgert, 1900, S. 211) oder aber, unter Verlängerung der die Astropylenmitte treffenden Hauptachse, eine Birnenform annimmt (Taf. LIX, Fig. 460; Taf. LXI, Fig. 475), besitzt der ruhende Kern ebenfalls die Form eines Ellipsoides, einer Kugel oder Birne. Bei *Planktonetta* (Taf. LIX, Fig. 459) und *Nationaletta* (Taf. LVIII, Fig. 456) wird die Gestalt des Kernes durch die scheiben- oder linsenförmige Plasmaanhäufung an der oralen Seite der Centralkapsel bedingt. Besondere Formen nimmt, offenbar im Interesse der Oberflächenvergrößerung und des Stoffaustausches, der Kern der Tuscaroren an: es finden sich bügelförmige (Taf. XXXII, Fig. 240), zweilappige (Fig. 242, 243), klammer- uud doppelspiralige Kerntypen (Fig. 244—246).

Ueber die Veränderungen des Kernes von *Aulacantha* in den Prophasen und Metaphasen der Mitose hat BORGERT ausführliche Angaben gemacht (1900, S. 222 ff.). In den Telophasen zeigen die Kerne der Aulacanthiden (BORGERT, 1900, Taf. XV, Fig. 16—17) und der Tuscaroren (Taf. XXXII, Fig. 248 links; Taf. XXXIII, Fig. 251 oben) übereinstimmend eine schüsselförmige Gestalt.

Struktur des ruhenden Tripyleenkernes. Der „ruhende" Kern zeigt in den einzelnen Tripyleengruppen eine sehr verschiedene Struktur.

Bei *Aulacantha* haben zuerst KARAWAJEW und BORGERT eine Anordnung der färbbaren Substanz gefunden, die ich als **Radstruktur** bezeichnet habe (Textfig. 214): von einer centralen, dichteren färbbaren Masse strahlen zahlreiche radiär gerichtete, gegen die Peripherie zu unregelmäßig verzweigte Stränge aus, so daß im Kerndurchschnitt ein radähnliches Bild zu stande kommt. Auch im Stadium mit 4 Centralkapseln (Taf. VIII, Fig. 85) besitzen die Kerne diese Struktur.

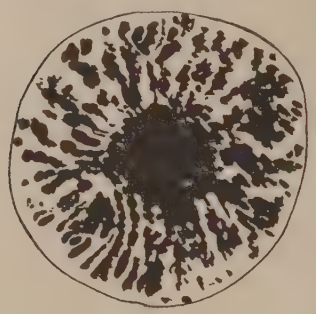


Fig. 214. Kern einer *Aulacantha scolymantha*. Radstruktur.

Derartige Radstrukturen habe ich auch bei *Aulospathis* gefunden (S. 547, Textfig. 153), sowie bei einem Individuum von *Aulographis pandora* mit 10 Centralkapseln. Das Vorkommen dieses Kernbaues bei den monocystinen *Aulacantha-* und *Aulospathis*-Arten legt den Gedanken nahe, es möchte die ausgeprägte Radiärstruktur mit dem streng sphärischen Bau der Monocystinen im Zusammenhang stehen. Doch könnten derartige Beziehungen zwischen der Kernstruktur und der Grundform des Körpers höchstens für die Aulacanthiden Giltigkeit haben, da z. B. auch *Conchopsis* trotz ihres bilateral-symmetrischen Baues eine ausgeprägte Radstruktur aufweist (Taf. LIX, Fig. 460).

Außer bei den genannten Aulacanthiden und bei *Conchopsis* finden sich etwas weniger regelmäßige und mehr lockere Radstrukturen bei den Aulosphäriden *(Auloscena, Aulatractus)* und bei *Challengeria Naresi* (Taf. LII, Fig. 429). Bei ersteren wird die Mitte der centralen Verdichtung von einem blassen, chromatinfreien Hof eingenommen, bei letzterer fehlt die dichte Centralmasse und wird vollständig durch chromatinfreies Grundplasma ersetzt.

Ueber den feineren Bau des Grundplasmas und der färbbaren Kernteile habe ich in allen diesen Fällen nichts Genaueres ermitteln können (vergl. auch BORGERT, l. c. S. 214). Doch sei an dieser Stelle auf eine (nach FLEMMING konservierte) Centralkapsel von *Aulosphaera* (Textfig. 216) hingewiesen, bei welcher die Kernmembran *(km)* innerhalb der Centralkapselsarkode *(c)* und das Kerngrundplasma *(gp)* innerhalb der Kernmembran einseitig geschrumpft und die Substanz der Chromosomen *(ch)* vollkommen aus der Centralkapsel herausgepreßt erscheint. Es läßt dieses Bild deutlich erkennen, daß das Grundplasma eine verhältnismäßig zähere Beschaffenheit als die Chromatinsubstanz besitzen muß.

Die Entstehung der Radstruktur, bezw. ihr Verhältnis zur Schollen- und Strangstruktur, wird durch eine andere sehr schön konservierte Centralkapsel von *Aulosphaera* (Textfig. 217) illustriert: hier wird der größte Teil der Kernperipherie noch von den langen, wurmförmigen, ziemlich gleichmäßig radiär gerichteten Chromatinfäden, wie sie in den Telophasen der Tripyleenkerne aufzutreten pflegen, eingenommen, während die Kernmitte und

die gegen die Astropyle gerichteten Teile von unregelmäßig durcheinander geflochtenen Fäden und zahlreichen vielgestaltigen, vakuolisierten Schollen (Binnenkörpern) erfüllt sind. Es zeigt dieses Bild, daß die „Nabe“ des Rades durch eine dichte und unregelmäßige Aufknäuelung der Chromatinfäden zu stande kommt.

Fig. 215.

Fig. 216.

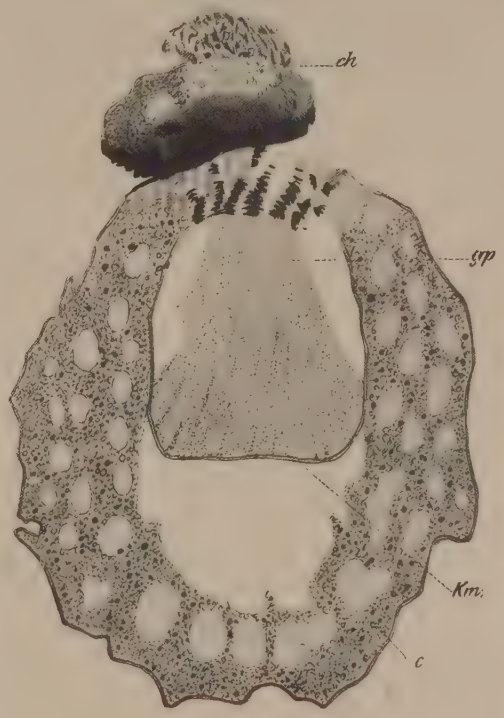


Fig. 217.

Fig. 215. Kern von *Aulographis stellata*. Schollen- und Strangstruktur.

Fig. 216. Centralkapsel von *Aulosphaera* mit ausgepreßter Kernsubstanz (Konservierung nach FLEMMING). *c* Centralkapsel, *km* Kernmembran, *gp* Grundplasma, *ch* Chromatinsubstanz.

Fig. 217. Jugendliche Centralkapsel von *Aulatractus*. Die auf dem Schnitt getroffene Parapyle ist in Textfig. 208 vergrößert wiedergegeben.

Eine besondere Modifikation der Radstruktur zeigen die Kerne der Tuscaroriden (Taf. XXIV, Fig. 183). Die Achse des in der Regel bügelförmigen Kernes wird hier von einer bandförmigen, stark färbbaren Masse, dem Achsenband, gebildet, der periphere Teil von einem feinkörnigen oder feinwabigen Grundplasma, in welches vom Achsenbande fadenförmige Ausläufer ausstrahlen. Bei guter Konservierung stellt sich das Achsenband als ein dichter Knäuel von Chromatinsträngen dar (vergl. *Aulosphaera*). Man wird die Struktur des Tuscarorenkernes mit der Radstruktur der Aulacanthen und der anderen vorhin genannten Formen vergleichen dürfen, nur daß bei ersterem die chromatische Centralmasse im Zusammenhang mit der besonderen Form des Kernes zum Achsenband ausgezogen ist. Die achterförmigen Kernformen, welche schon BORGERT bei seinen Tuscaroren

gesehen hat und welche auch bei einigen Formen des „Valdivia"-Materials gefunden wurden (Taf. XXXII, Fig. 243), gehen, soviel ich sehe, aus dem gewöhnlichen Kerntypus in der Weise hervor, daß sich innerhalb des Achsenbandes eine chromatinfreie Lakune, ähnlich dem centralen „Hof" bei den Aulosphäriden und bei *Challengeria,* ausbreitet.

Im Gegensatz zu den bisher genannten Kernformen fand ich bei den dicystinen Aulacanthiden die ellipsoidischen, stumpf-birnförmigen oder sonst wie von der sphärischen Gestalt abweichenden Kerne wesentlich anders beschaffen (Textfig. 215): Die schwach färbbare Grundsubstanz ist hier von ungleich großen, zum Teil vakuolisierten Schollen und kurzen Strängen ausgefüllt. Die Mitte der Kerne zeigt keine dichtere Struktur als die Peripherie, im Gegenteil fand sich häufig eine besonders große Zahl von Schollen der Kernmembran angelagert. Das Grundplasma wies je nach dem Konservierungszustand bald eine grobspongiöse Struktur auf, bald zeigte es die Beschaffenheit eines feinkörnigen Gerinnsels, bald einen feinalveolären Bau. Die letztgenannte (namentlich auf Sublimatpräparaten erkennbare) Struktur dürfte dem lebenden Zustand am nächsten kommen. Im Grundplasma sind mehr oder weniger zahlreiche traubenförmige Häufchen von schwach färbbaren Tröpfchen eingebettet, welche zuweilen in scharf begrenzten, hellen Höfen eingeschlossen sind und wohl in die Kategorie der Reservestoffe (? Fettträubchen) gehören [1]).

Diese **Schollen- und Strangstruktur,** wie ich diesen Typus im Gegensatz zur Radstruktur nennen möchte, ist auch bei den übrigen Tripyleen weit verbreitet. Sie findet sich mehr oder weniger ausgeprägt bei den Astracanthiden (Taf. LXXII, Fig. 530), Sagosphäriden, Castanelliden, Circoporiden (Taf. XXXIII, Fig. 255), sowie bei den großen Medusettiden (Taf. LVII, Fig. 455; Taf. LIX, Fig. 459).

Es machte mir im Anfang einige Schwierigkeiten, das Stadium des ruhenden Kernes mit seiner gleichmäßigen Schollen- und Strangstruktur einerseits gegen die Telophasen, andererseits gegen die Prophasen der Teilung einigermaßen abzugrenzen und insbesondere auch die Telophasen von den Prophasen zu unterscheiden. Ich werde auf diese Verhältnisse weiter unten nochmals zurückkommen, doch sei gleich hier bemerkt, daß diejenigen Stadien, welche zwischen den Schollen eine große Zahl von langen, wurmförmigen (homogenen oder körnigen), großenteils radiär verlaufenden Einzelfäden erkennen lassen, noch zu den Telophasen zu rechnen sind, während das Auftreten von „Chromosomenbläschen" den Beginn der frühen Prophase anzeigt.

Kernteilung. BORGERT giebt für die Phasen der mitotischen Teilung von *Aulacantha* folgende Reihenfolge an: grobspongiöses Maschenwerk mit radiärem Bau (Radstruktur des ruhenden Kernes; 1900, Taf. XIV, Fig. 1); Uebergang in den feinspongiösen Zustand (Taf. XIV, Fig. 3); erstes Knäuelstadium mit Beginn der ersten Längsspaltung (Taf. XIV), Fig. 6); segmentierter Knäuel mit vollendeter erster und beginnender zweiter Längsspaltung (Taf. XVI, Fig. 22); zweites Knäuelstadium (Längsstreckung der Chromatinelemente; Linsenform des Kernes; Taf. XIV, Fig. 8), Aequatorialplatte (Taf. XIV, Fig. 10); Bildung der Tochterplatten auf Grund einer Spaltung der Aequatorialplatte, ohne Benutzung der Längsspalten (Taf. XV, Fig. 11—13); Rekonstruktion der Tochter-

1) Die von BORGERT (1900, S. 217) bei *Aulacantha* gefundenen Kügelchen stimmen der Beschreibung nach nicht ganz mit meinen Bildern überein.

kerne (Schüsselform der Kerne, Beginn der Kapselteilung; Taf. XV, Fig. 14—17); Uebergang aus dem fädigen in den spongiösen und radiären Bau (Taf. XV, Fig. 18—19).

Es ist natürlich nicht möglich, in einem Expeditionsmaterial von irgend einer Tripyleenform eine genügend große Zahl gut konservierter Exemplare zusammenzufinden, um eine annähernd so vollständige Reihe, wie sie BORGERT aufgestellt hat, liefern zu können. Hat doch BORGERT von seiner *Aulacantha* über 20000 Exemplare durchsehen müssen, um zu seinen Resultaten zu gelangen. Immerhin hat mich die vorzügliche Konservierung eines großen Teiles der „Valdivia"-Ausbeute in den Stand gesetzt, wenigstens in einem Punkte bestimmte Ergebnisse zu erlangen, nämlich bezüglich der ersten Entstehung und Herausarbeitung der Chromosomen aus dem Ruhezustand des Kernes. Es war mir dies um so willkommener, als es sich hierbei bekanntlich um Vorgänge von allgemeinerem theoretischen Interesse handelt.

KARAWAJEW (1895, S. 298, Fig. 3) und BORGERT (1900, Taf. XVI, Fig. 22) hatten bei *Aulacantha* gefunden, daß in den späteren Prophasen der ganze Kernraum von Doppelfäden oder Doppelstäbchen erfüllt ist, welche eine auffallende Aehnlichkeit mit den Chromatinelementen in den Prophasen der Reifungsteilungen der höheren Organismen zeigen. Die Uebereinstimmung stellt sich nun aber bei der Untersuchung der dicystinen Aulacanthiden und verschiedener anderer Formen als eine viel größere heraus. Schon BORGERT hatte bei *Aulacantha* zwischen den Doppelfäden auch ringförmige Figuren, also eine andere, aus der Reifungsperiode bekannte Chromosomenform angetroffen, und ich selbst konnte bei *Aulographis pandora* (Textfig. 218) und besonders schön bei *Auloceros* (Taf. 86, Fig. 600; 1907b, Fig. 1) daneben achterförmig gekrümmte Schleifen und Doppelfadensegmente mit mehrfach gekreuzten und schraubenartig umeinander gedrehten Einzelfäden (Strepsinemen) beobachten, also Bildungen, welche ebenfalls wieder aus der Ovogenese der Copepoden, Selachier und anderer tierischer und pflanzlicher Objekte her bekannt sind und deren Entstehungsweise und Schicksal eines der wichtigsten Probleme der neueren Zellenforschung gebildet hat.

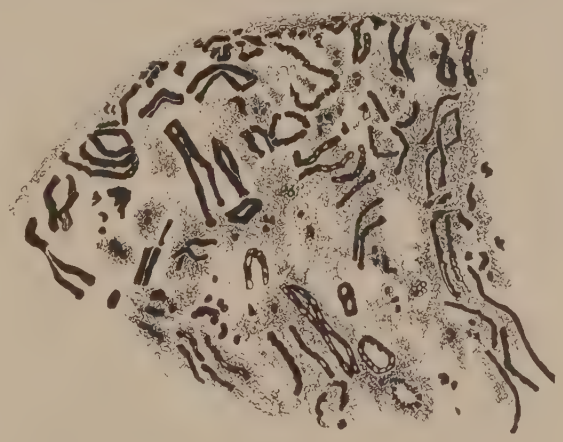


Fig. 218. Kern von *Aulographis pandora*. Späte Prophase.

Die Aehnlichkeit zwischen den Radiolarien einerseits und den höheren Organismen andererseits ist bezüglich dieser Kernphase so groß, daß man sicherlich auch eine übereinstimmende Entstehung dieser so überaus charakteristischen Chromosomenformen in beiden Fällen annehmen und die bei einem Objekte erlangten Resultate auf das andere übertragen darf. Nun scheinen mir aber in der That die Bilder, welche ich bei den dicystinen Aulacanthiden erhalten habe, in unzweideutiger Weise den Entstehungsmodus der Doppelfäden und Strepsinemen klarzulegen, und sie dürften also gleichzeitig ein Licht werfen auf das vielumstrittene Problem, ob die Einzelfäden der Doppelfäden, Strepsinemen und Doppelstäbchen durch Längsspaltung eines Mutterfadens oder durch paarweise Hinter- oder Neben-

einanderlagerung (Konjugation, Meta- und Parasyndese) selbständiger Elemente ihre Entstehung nehmen[1]).

Speciell bei *Aulographis pandora* und *Auloceros* fand ich verhältnismäßig häufig Kerne, welche im ganzen eine gleichmäßige Schollen- und Strangstruktur aufwiesen, dabei aber an verschiedenen Stellen, namentlich an der Peripherie kleine, rundliche oder wurstförmige Knäuelfiguren enthielten. Diese sind gegen das umgebende Grundplasma allerdings nicht durch eine besondere Membran abgegrenzt, wohl aber zeigen sie einen so regelmäßigen und scharfen Umriß, daß man wohl mit Sicherheit sagen kann, es handle sich um sphärische oder cylindrische, vom übrigen Grundplasma abgegliederte Sarkodeportionen, deren peripherische Schichten von einem spiralig verlaufenden Chromatinfaden eingenommen werden (Textfig. 219 *a, b;* vergl. auch Syst. Teil, S. 23, Textfig. 7a). Diese Differenzierungen, die man vielleicht als Binnenkerne bezeichnen kann, sind nun nichts anderes als die ersten Anlagen der Chromosomen. Sie stimmen nicht bloß in ihrem Bau mit den

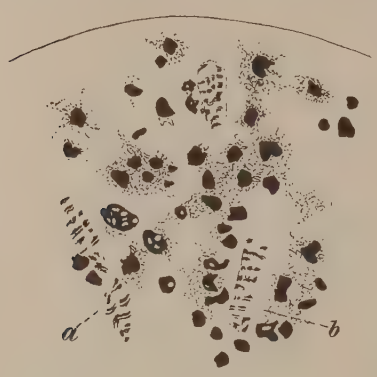


Fig. 219.

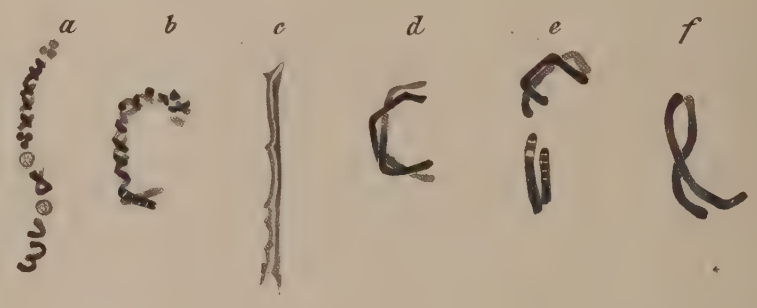


Fig. 220.

Fig. 219. Kern von *Aulokleptes ramosus*. Frühe Prophase. a und b Binnenkerne im Knäuelstadium.
Fig. 220. Chromosomenbildung bei *Auloceros*.

frühesten Stadien der „Chromosomenbläschen" von *Oroscena regalis* (Taf. LXXIX, Fig. 558*a*) im wesentlichen überein, sondern auch darin, daß sie nicht synchron, sondern successive ihre Entstehung nehmen.

Zuweilen sieht man in unzweideutiger Weise, daß der dünne, in der Mantelschicht der Binnenkerne spiralig verlaufende Chromatinfaden längsgespalten ist (Textfig. 219 *a, b*). Wie ich mich immer wieder überzeugen konnte, handelt es sich hier nicht um einfache Helligkeitsunterschiede zwischen dem peripheren und axialen Teile des Chromatinfadens oder um eine Einlagerung von Vakuolen, sondern um einen wirklichen, auf größeren Strecken gleichmäßig die Fadenschraube durchsetzenden Längsspalt.

Bei einem Exemplar von *Auloceros* habe ich sodann alle Uebergänge finden können, welche von den eben beschriebenen Bildern zu den fertigen Doppelfäden führen (Taf. 86, Fig. 600; Textfig. 220). In erster Linie kommen Zwillingsbildungen in Betracht, die aus zwei glatt-cylindrischen, homogen gefärbten, in Form einer regelmäßigen Doppelschraube umeinander gedrehten Einzelfäden bestehen (Textfig. 220 *a, b*). Es kann keinem

1) Ueber den Stand dieser Frage habe ich vor kurzem ausführlich berichtet (Erg. u. Fortschr. d. Zool., Bd. I, 1907, S. 84 ff.).

Zweifel unterliegen, daß diese Zwillinge aus den dünnfädigen Knäuelformen in der Weise hervorgehen, daß die als „Binnenkerne" vom Grundplasma abgegliederten Sarkodepartien zu langen, dünnen Schläuchen auswachsen und daß die beiden Spalthälften des spiralig gedrehten Chromatinfadens (Textfig. 219) allmählich voneinander abrücken und dabei eine beträchtliche Verdickung erfahren. Seltener kann man betrachten, daß die Doppelfäden bereits in diesen Stadien mittlerer Dicke die Wachstumswiderstände, welche offenbar den Torsionen zu Grunde liegen, überwunden haben und auf längere Strecken hin einen geraden Verlauf nehmen (Textfig. 220 *c*).

Mit zunehmender Dicke der Einzelfäden verlieren die Zwillinge mehr und mehr die Form des Strepsinemas, die Windungen werden flacher und unregelmäßiger, die Abstände zwischen den Fäden vergrößern sich, und so kommen zunächst die Achter- und Ringfiguren und weiterhin die Doppelstäbchen zu stande (Textfig. 220 *d—f*).

Es scheint mir aus diesen Befunden ganz unzweideutig hervorzugehen, daß die Doppelfäden bei den Aulacanthiden wirklich durch Längsspaltung eines Mutterfadens zu stande kommen, während die Annahme, sie könnten aus einer Konjugation zweier selbständiger Fäden hervorgehen, sich wohl schwerlich mit den thatsächlichen Befunden vereinigen läßt.

Die Metaphasen der Teilung, welche bekanntlich mit der Einordnung der Chromosomen in die Aequatorialplatte beginnen und mit dem Auseinanderweichen der Tochtergruppen (Metakinese) abschließen, sind mir bei keinem Objekte zu Gesicht gekommen. Ich bin daher auch nicht im stande, die Beobachtungen Borgert's und die von ihm aufgestellte Aufeinanderfolge der Stadien zu bestätigen oder zu ergänzen. Nur in einem Punkte glaube ich, auch ohne mich auf eigene Präparate stützen zu können, Bedenken gegen Borgert's Auffassung erheben zu sollen. Borgert (1900, S. 230) ist der Ansicht, daß es sich bei der Bildung der Tochterplatten von *Aulacantha* nicht, wie bei den typischen Mitosen, um eine Verteilung der Spalthälften, sondern um ein Auseinanderweichen der ganzen Chromosomen handle. Es würde also, um die von Weismann eingeführte Nomenklatur anzuwenden, die Teilung von *Aulacantha* keine Aequations-, sondern eine Reduktionsteilung sein. Zu dieser Annahme sah sich Borgert durch den Umstand veranlaßt, daß die längsgespaltenen Chromosomen nicht sämtlich mit ihrer ganzen Länge in eine Ebene (Aequatorebene der Teilungsfigur) zu liegen kommen, sondern nur mit einem Ende in die eigentliche Aequatorialplatte tauchen, mit einem größeren Abschnitte dagegen senkrecht vom Aequator abstehen. Ungefähr die Hälfte der Chromosomen befindet sich dabei auf der einen, die Hälfte auf der anderen Seite des letzteren, so daß sie also im ganzen eine parallele Anordnung und dabei von vornherein eine Verteilung auf zwei Gruppen zeigen. Borgert glaubte nun, daß sich aus dieser Orientierung Schwierigkeiten für die Annahme einer Verteilung der Spalthälften ergeben, und er nahm daher ein einfaches Auseinanderweichen der beiden, schon bei der Herstellung der Aequatorialplatte vorgebildeten Tochtergruppen an. Diese Auffassung scheint nun allerdings zunächst darin eine Stütze zu erhalten, daß ganz neuerdings auch für andere Protozoen angegeben wurde, daß die Verteilung der Chromosomen nicht nach dem Längsspalt vor sich geht, so von Calkins für *Amoeba*, von Schröder für *Sphaeromyxa*, von Metcalf für *Opalina*. Indessen ist die Aehnlichkeit der von Borgert gegebenen Darstellungen (1900, Taf. XIV, Fig. 10; Taf. XVII, Fig. 30, 31) mit den bekannten Bildern, welche die Kernteilungsfiguren z. B. der Liliaceen nach Strasburger, Guignard u. a. innerhalb und außerhalb des sexualen Zellencyklus aufweisen, eine so große, daß

man kaum umhin kann, in beiden Fällen eine übereinstimmende Verteilungsweise der Chromosomen anzunehmen. Meines Wissens ist aber noch nie bezweifelt worden, daß es sich speciell bei den mitotischen Vorgängen in vegetativen pflanzlichen Geweben um eine dicentrische Wanderung der Tochterschleifen oder Spalthälften handelt, und ich glaube nicht, daß die Schwierigkeiten, welche dieser Vorstellung im Wege stehen, bei *Aulacantha* wesentlich größere sind.

Anaphase. Die dicentrische Wanderung der Chromosomen habe ich in einem Falle, bei einem vorzüglich konservierten zweikapseligen Exemplare von *Castanidium variabile* (Taf. XLI, Fig. 300), beobachten können. In der einen Centralkapsel war die Teilungsfigur senkrecht, in der anderen parallel zur Aequatorebene getroffen worden. Die erstere Schnittserie zeigte die Chromosomen als leicht geschlängelte, großenteils homogen gefärbte Fäden, welche an der Außenseite der Kernplatte zum Teil hakenförmig umgebogen waren. Die in der Peripherie gelegenen Chromatinfäden ließen vielfach eine Längsteilung erkennen, welche wohl als die zweite Längsspaltung BORGERT's zu betrachten ist. Einzelne Chromosomen lagen paarweise angeordnet in der Aequatorebene: offenbar handelt es sich um zurückgebliebene, durch die erste Längsspaltung (Textfig. 220) entstandene Doppelstäbchen, deren Einzelstäbchen (primäre Spalthälften) noch nicht zum vollständigen Auseinanderweichen gekommen waren. Vielfach war auch bei diesen deutlich die zweite Längsspaltung zu erkennen.

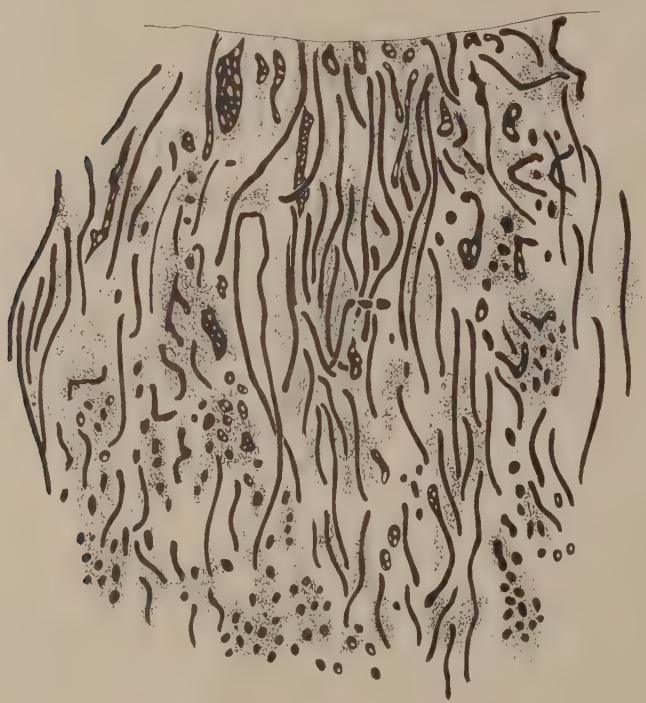


Fig. 221. Kern von *Aulographis pandora*. Telophase.

Telophase. Nach BORGERT spielt sich bei *Aulacantha* die Rekonstruktion der Tochterkerne in der Weise ab, daß die Kernplatten sich mit ihren Rändern nach außen krümmen und so eine schüsselförmige Gestalt annehmen und daß die an der Außenseite der Kernplatte gelagerte dichtere Schicht von Fadenabschnitten und Chromatinkörnchen in das Innere des Tochterkernes verlagert wird, um so zur Nabe des Rades zu werden.

Bilder dieser Art habe ich auch bei anderen Tripyleen gefunden, deren Kerne im ruhenden Zustand eine typische oder modifizierte Radstruktur besitzen, nämlich bei den Tuscaroriden (Taf. XXXII, Fig. 248; Taf. XXXIII, Fig. 251 links; s. oben S. 674) und bei einer *Aulosphaera* (S. 677, Textfig. 217). Bei letzterer hat anscheinend eine Drehung des in Rekonstruktion befindlichen Kernes gegen die Astropyle stattgefunden.

Bei Formen, welche im ruhenden Kern die Schollen- und Strangstruktur zeigen, durchziehen in den Telophasen die Chromatinelemente, zunächst noch als wurmförmige, vielfach raketenartig gewundene, homogen gefärbte Fäden den Kernraum, während zwischen ihnen in zunehmendem Maße einerseits unregelmäßig geformte Schollen oder Binnenkörper (Textfig. 221), andererseits

die oben erwähnten traubenförmigen Tröpfchen-Ansammlungen (Textfig. 222) hervortreten. Ist die Schnittrichtung eine günstige, so macht sich im ganzen eine deutliche Parallellagerung der Chromatinfäden bemerklich, und man wird dann an die bekannte Korbform erinnert, welche die Tochterspireme der Metazoenkerne vielfach zeigen. Solche Bilder fand ich bei *Aulographis pandora* (Textfig. 221) und bei *Planktonetta* (Textfig. 222; vergl. Taf. LIX, Fig. 459).

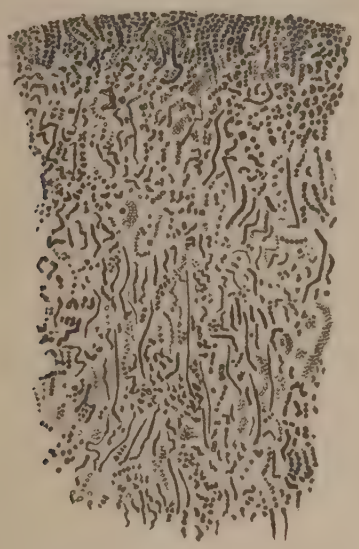


Fig. 222. Tochterkerne einer *Planktonetta* mit 3 Centralkapseln. Telophase.

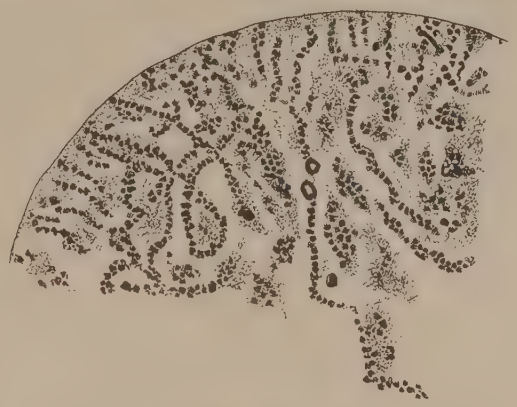


Fig. 223. Kern von *Auloceros*. Telophase.

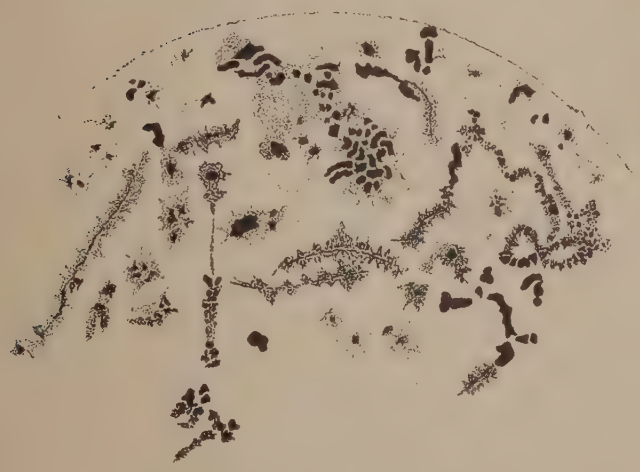


Fig. 224. Kern von *Castanidium*. Telophase.

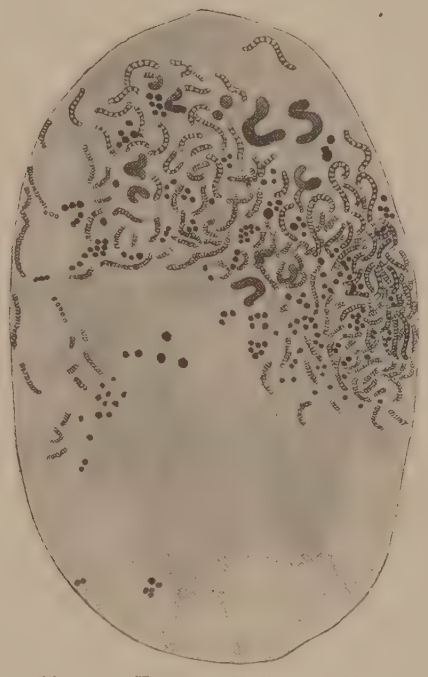


Fig. 225. Kern von *Challengeria Naresi*.

Bei ersterer wiesen die Kerne eine tiefe Einschnürung auf (Syst. Teil, S. 22, Textfig. 5), welche offenbar den Höhlungen der „schüsselförmigen" Kernplatten (s. oben) entspricht. Im Systematischen Teil hatte ich auch die Möglichkeit offen gelassen, daß hier eine amitotische Kernteilung im Spiele ist, doch hat mich ein Vergleich aller Bilder dazu geführt, diesen Gedanken aufzugeben.

Weiterhin verlieren die Chromosomen ihre regelmäßig homogene und glatte Beschaffenheit und lösen sich in Körnchen- und Schollenreihen auf (Textfig. 223), und schließlich treten, vor Beginn des eigentlichen Ruhestadiums, die „Chromosomenspuren“ nur noch als dunkle Linien hervor, welche zum Teil von sehr kleinen Chromatinkörnchen begleitet, zum Teil von einem Mantel feinkörnigen (durch die Konservierung geschrumpften) Grundplasmas umlagert sind (Textfig. 224). Aehnliche Bilder scheint BORGERT gesehen zu haben (1900, S. 217 oben; Taf. XVI, Fig. 21), andererseits wird man lebhaft an die Chromosomenspuren erinnert, welche in jungen Amphibienkeimbläschen (z. B. bei *Triton, Siredon*) zur Ansicht kommen.

Mit dem Verschwinden dieser Chromosomenspuren ist die Schollen- und Strangstruktur des „ruhenden“ Kernes wiederhergestellt.

Ein etwas abweichendes Bild fand sich bei einem jungen Exemplar von *Challengeria Naresi* (Textfig. 225), bei welchem die Chromosomen der Telophase großenteils die Form von kurzen, wurmförmigen, vakuolisierten Schleifen angenommen und sich, vermutlich infolge der kontrahierenden Wirkung der Sublimatfixierung, synapsisartig auf eine Hälfte des Kernraumes zusammengezogen haben.

Centralkapsel und Fortpflanzung der Spumellarien und Nassellarien.

Centralkapsel der Spumellarien und Nassellarien. Da sich meine Untersuchungen nur auf einige wenige, hierher gehörige Formen erstreckt haben, so bin ich nicht in der Lage, bei diesen Abteilungen ausführlich auf die vergleichende Morphologie der Centralkapsel einzugehen. Ich werde mich daher auf die Hervorhebung eines Punktes beschränken, der sich nicht bloß mit der Fortpflanzungsgeschichte berührt, sondern auch im Hinblick auf die im III. Abschnitt behandelten Formbildungsprozesse von Interesse ist, nämlich auf einige bei den Spumellarien und Nassellarien vorkommenden Formveränderungen der Centralkapsel.

Während bei einer großen Zahl der Spumellarien die Centralkapsel eine annähernd sphärische Gestalt besitzt, treten bei der Collodarienfamilie der Thalassothamniden einige bemerkenswerte Abweichungen auf. Bei *Thalassothamnus ramosus* (Taf. LXXIV, Fig. 538) wird die wachsende Centralkapsel durch die Radialstacheln und deren basalen Seitenäste stark eingebuchtet und zeigt infolgedessen eine größere Anzahl blasiger Vorwölbungen. Hier tritt die mechanische Wirkung der Skelettteile auf die Form der Centralkapsel deutlich zu Tage, es liegt also im wesentlichen die nämliche Erscheinung vor, wie bei der Centralkapsel mancher Astrosphäriden, welche entweder durch die Poren der inneren Gitterschalen keil- oder sackförmige Protuberanzen vortreiben kann (vergl. z. B. *Cladococcus abietinus*, HAECKEL, Rep., Pl. XXVII, Fig. 3), oder wie bei *Hexacontium* (diese Arbeit, Taf. LXXXIII, Fig. 577) und *Heliodiscus* (Taf. LXXXIII, Fig. 578) durch die zwischen den Gitterschalen sich erstreckenden Radialbalken in ihrer Gestalt beeinflußt wird. Im Gegensatz dazu sendet bei den von der „Valdivia“ und vom „Gauß“ erbeuteten *Cytocladus*-Arten die Centralkapsel regelmäßig-dichotomisch verzweigte Fortsätze aus (Taf. LXXV, Fig. 539), welche sich allerdings in ihrem Verlauf und in ihrer Verästelungsweise im ganzen an die Radialstacheln anlehnen, bei denen man aber doch den Eindruck gewinnt, daß ihr Wachstum durch die letzteren nicht direkt-mechanisch beeinflußt wird. Diese Auffassung findet auch darin

eine Stütze, daß bei *Cytocladus gracilis* die Centralkapsel trotz der Zwölfzahl der Radialstacheln und der quirligen Anordnung der Aeste nur 5 Hauptfortsätze und eine ziemlich regelmäßig-dichotomische Verzweigung aufweist (SCHRÖDER), und daß ferner bei *Cytocladus tricladus* (Fig. 539) die Centralkapsel im Gegensatz zu dem trichotomen Bau der Radialstacheln im ganzen streng dichotomisch verzweigt ist. Angesichts aller dieser Befunde wird man in der That zu der Ansicht geführt, daß die Centralkapsel von *Cytocladus* in ihrer Form nicht direkt durch das Skelett bestimmt wird, sondern daß sie ein autonomes, zu selbständiger dichotomischer Sprossung befähigtes Organellum darstellt, ähnlich, wie dies z. B. für die häutigen Stachelanlagen der Aulacanthiden und anderer Tripyleen gilt.

Auch bei den Cyrtellarien können die Formveränderungen der Centralkapseln bald mehr passiver, bald mehr aktiver Art sein. So wird z. B. bei den Lamprocycladiden die meist vierlappige Gestalt der Centralkapsel sicher durch den vierstrahligen Bau der die Cephalis abschließenden Cortinarplatte bedingt (Syst. Teil, S. 453, Textfig. 88a), andererseits können aber von den unteren Abschnitten der Centralkapsel-Loben rundliche Partien abgegliedert werden, ohne daß hier irgend eine mechanische Einwirkung des Skelettes erkennbar wäre (Textfig. 89).

Fortpflanzung der Collodarien. Die einzige, nicht zu den Tripyleen gehörige Radiolariengruppe, bei welcher ich eigene Beobachtungen auf dem Gebiete der Kern- und Fortpflanzungsgeschichte gemacht habe, bilden die Collodarien. Insbesondere ist es mir dank einigen glücklichen Funden gelungen, für die Orosphäriden, welche von HAECKEL und BORGERT noch zu den Tripyleen gestellt worden sind, die aber sicher zu den Collodarien gehören, eine größere Strecke des Fortpflanzungscyklus in einer ziemlich vollständigen Reihe zur Darstellung zu bringen. Indem ich wegen aller Einzelheiten auf den Systematischen Teil (S. 415 ff.; vergl. auch 1907 b) verweise, seien hier nur die wichtigsten Phasen des Entwicklungsverlaufes hervorgehoben. Der von zahlreichen „Einzelknäueln" erfüllte Primärkern von *Oroscena* wächst vor der Teilung bedeutend heran, wobei sich die Einzelknäuel successive zu „Chromosomenbläschen" umbilden (S. 423, Textfig. 73 B, C). Nun teilt sich der Primärkern in einen vegetativen oder Dauerkern und in einen Geschlechtskern (D, E, *d* und *g*), von denen der erstere mindestens bis zur Bildung der Sporennester persistiert und dabei die gleichen kerngeschichtlichen Prozesse durchläuft, wie der Primärkern (F—H), während der Geschlechtskern nach mindestens zweimaliger Teilung (F) sich vollkommen desintegriert, wobei die in die Intrasarkode ausgestreuten Einzelknäuel zu den Sporenmutterkernen werden (G). Aus diesen letzteren gehen auf Grund von mitotischen Prozessen einfacher Art die Kerne der Sporennester hervor (H). Angesichts des eigentümlichen Verhaltens des offenbar zur Teilung sich vorbereitenden Dauerkernes (G, H, *d*) ist es als höchst wahrscheinlich zu betrachten, daß „das nämliche *Oroscena*-Individuum zu wiederholten Malen in den Prozeß der Sporenbildung eintritt, so wie ein großer Teil der Metazoen zu periodischer Geschlechtszellenbildung befähigt ist".

Von allgemeinerer Bedeutung ist bei diesen Vermehrungsvorgängen einmal die Thatsache, daß auch bei *Oroscena*, ähnlich wie bei den Aulacanthiden, die Chromosomen sich successive aus dem Grundplasma herausarbeiten, und zwar zunächst in Gestalt von blassen, dünnfädigen Knäueln, welche gegen das übrige Grundplasma deutlich abgegrenzt erscheinen (Taf. LXXVIII, Fig. 549 *a*; Taf. LXXIX, Fig. 558 *a*).

Ferner ist hervorzuheben, daß die Teilkerne, in welche die Geschlechtskerne von *Oroscena* desintegriert werden, eine so große Aehnlichkeit mit den bei anderen Protozoen beobachteten Chromidien haben, daß ich nicht bezweifeln möchte, daß die Befunde bei *Oroscena* und anderen Collodarien auch ein Licht auf die Struktur dieser, wegen ihrer geringen Größe bisher wenig analysierbaren Gebilde werfen.

Die Chromosomen der Radiolarien in der Vererbungslehre.

Bei keiner anderen Protozoengruppe erinnern die Chromosomen so sehr an die klassischen Objekte der Zellenlehre, an die Kernschleifen von *Salamandra, Ascaris* und *Lilium,* wie bei den Radiolarien, höchstens könnten noch die Befunde bei einem Myxosporidium *(Sphaeromyxa),* über welche SCHRÖDER (1907) neuerdings berichtet hat, hinsichtlich der Deutlichkeit der Bilder einen Vergleich aushalten. Es liegt daher nahe, die Chromosomen der Radiolarien von allen denjenigen Gesichtspunkten aus noch einmal kurz zu betrachten, welche bei den neueren Versuchen, die Zellforschung mit der Vererbungslehre näher zu verknüpfen, eine Rolle gespielt haben.

Die Chromosomen speciell der Tripyleen sind während der Teilung faden- oder wurmförmige Gebilde von gleichmäßigem Kaliber und von glatter Oberfläche. Bei ihrem ersten Auftreten haben sie einen spiralig-geschlängelten Verlauf (Textfig. 220 a—b), was offenbar damit zusammenhängt, daß den wachsenden und sich verdickenden Chromosomen innerhalb der abgegliederten Grundplasma-Portionen, in deren peripheren Schichten sie zur Ausbildung kommen, Wachstumswiderstände irgend welcher Art entgegenstehen. Diese schraubenförmige Gestalt tritt auch noch in den mittleren Prophasen an den Einzelfäden der nunmehr längsgespaltenen Mutterchromosomen hervor, und so erinnern während dieser Zeit die verschiedenen, im Tripyleenkern nebeneinander vorkommenden Chromosomentypen außerordentlich an die Ueberkreuzungsfiguren (Strepsinemen), Achter und Ringe, welche für den heterotypischen Teilungsmodus der höheren Tiere und Pflanzen, insbesondere auch für die Prophasen der ersten Reifungsteilung charakteristisch sind (Textfig. 220). Zu der Aehnlichkeit, welche manche bei den Protozoen beobachteten Teilungsvorgänge mit den Reifungsteilungen der Metazoen hinsichtlich der achromatischen Figur haben (1897), kommen also auch sehr weitgehende Uebereinstimmungen bezüglich der Form der chromatischen Elemente. Hierzu gehört übrigens auch die Erscheinung, daß die Chromosomen speciell der Aulacanthiden hinsichtlich ihrer Länge und Dicke im Verlauf der Mitose ganz ähnliche regelmäßige Schwankungen aufweisen, wie sie z. B. bei den Copepoden bei verschiedenen Teilungsakten, vor allem aber während der ersten Reifungsteilung beobachtet werden: insbesondere können, wie bei der letzteren, eine diakinetische Verkürzung und Verdickung, eine metakinetische Verlängerung und nach BORGERT (1900, S. 233) eine abermalige Verkürzung und Verdickung in den Telophasen unterschieden werden.

Die Chromosomen der Tripyleen zeigen in der Regel eine nahezu gleichmäßige Tingierbarkeit, doch treten vielfach in ihrem Innern hellere „Vakuolen" auf. Die Zahl der letzteren kann in den Telophasen so zunehmen, daß die Chromosomen in ihrer ganzen Länge von einer perlschnurartig angeordneten Reihe von Vakuolen durchsetzt sind und auf diese Weise

scheinbar eine gegliederte Beschaffenheit annehmen (Textfig. 225). Die Struktur dieser Chromatinelemente erinnert dann außerordentlich an das Bild, welches einzelne botanische Autoren von den Chromosomen von *Lilium* gegeben und als Beweis für ihre metamere Gliederung angesehen haben (1907c, S. 35, Fig. 9 u. 10). Indessen konnte namentlich bei den telophasischen Chromosomen von *Challengeria* mit Sicherheit nachgewiesen werden, daß hier nicht etwa eine regelmäßige Aufeinanderfolge von färbbaren, scheibenförmigen „Chromomeren" und nicht-färbbaren Linien-Zwischenscheiben vorliegt, sondern eine Durchsetzung der Chromosomen mit linear angeordneten Vakuolen (1907c, S. 35). Auch die Bilder, welche KARAWAJEW (1895, Fig. 3) für *Aulacantha* gegeben hat und welche eine Zusammensetzung der Chromosomen aus hintereinander gelagerten Kügelchen zeigen, finden wohl in dieser Weise ihre Erklärung.

Querkerben, also Andeutungen eines Segmentierungsprozesses, wurden von mir bei den Tripyleen nicht beobachtet, dagegen tritt, wie oben gezeigt wurde (Textfig. 220), schon in den frühen Prophasen eine wirkliche Längsspaltung der Chromatinfäden hervor, und ebenso ist, wie zuerst von BORGERT angegeben wurde und wie ich selbst bestätigen kann, eine sekundäre Längsspaltung der Tochterfäden durch eine helle, die Chromosomenachse durchziehende Linie angedeutet.

Die einzelnen Chromosomen sowohl der Aulacanthiden, als auch diejenigen von *Oroscena* kommen nicht gleichzeitig, sondern successive zur Entwicklung. Auch diese eigentümliche Heterochronie der Chromosomen kehrt bei einzelnen höheren Tieren und Pflanzen und zwar ebenfalls in den Prophasen der ersten Reifungsteilung wieder (1907c, S. 44). Man wird sich die Frage vorlegen dürfen, ob vielleicht auch ein Teil derjenigen Größen- und Gestaltsverschiedenheiten, welche bei verschiedenen tierischen Objekten als konstante Unterschiede der einzelnen Chromosomen-Individuen beschrieben worden sind, auf eine heterochrone Entwicklung der Chromatinelemente zurückzuführen ist (1907c, S. 43).

Von besonderem Interesse ist die Zahl der Chromosomen der Radiolarien. Schon BORGERT hat für *Aulacantha* angegeben, daß diese Zahl sich mindestens auf 1200 beläuft, und ich selbst konnte bei *Castanidium* auf einem Querschnitt durch den Dyaster mit ziemlicher Sicherheit feststellen, daß die Zahl der Chromosomen zwischen 1500 und 1600 beträgt. Auch bei *Oroscena regalis* konnte berechnet werden, daß von den Einzelknäueln des ruhenden Kernes, deren jeder sich wahrscheinlich zu je einem Chromosom umbildet, nicht weniger als 1600—1800 vorhanden sein müssen. Es handelt sich also ungefähr um die nämliche Zahlengröße, welche für die Chromosomen von *Aulacantha* und *Castanidium* nachgewiesen werden konnte. Diese Chromosomenzahlen sind die größten, welche bisher in der ganzen Organismenwelt aufgefunden wurden. Am nächsten kommt den Radiolarien das Heliozoon *Actinosphaerium,* bei welchem R. HERTWIG (1908, S. 27, 37) schätzungsweise 120—150 Chromosomen berechnet hat, und der Phyllopode *Artemia,* dessen Normalzahl nach BRAUER und PETRUNKEWITSCH 168 beträgt[1]). Schon diese Zusammenstellung weist darauf hin, daß es sich bei der hohen Chromosomenzahl der Radiolarien nicht etwa um ein für die Protozoen charakteristisches oder gar um ein „primitives" Verhältnis handelt. Ersteres ist um so weniger der Fall, als bei mehreren anderen Protozoen verhältnismäßig wenige Chromosomen beobachtet wurden (1907c, S. 68). Vielmehr steht die große

1) Vergl. hierzu: C. ARTOM, Il numero dei cromosomi e la maturazione dell' uovo dell' Artemia etc. Biologica, Vol. I, 1906.

Chromosomenzahl der Radiolarien offenbar mit dem außerordentlichen Volumen des Kernes und Weichkörpers dieser hochspezialisierten Protozoen im Zusammenhang. Man wird dabei nicht bloß an die Ausführungen von R. HERTWIG und BOVERI über die „Kernplasmarelation" erinnert, sondern es scheint auch ein kürzlich von RAUBER (1908) ausgesprochener Gedanke in gewissem Sinne berechtigt zu sein, wonach man bezüglich der Chromosomenverhältnisse nicht einen Protisten mit der Einzelzelle eines Metaphyton oder Metazoon vergleichen darf. Man müsse „vielmehr die ganzen Individuen der verschiedenen Abteilungen der Lebewesen miteinander vergleichen, wenn es auf die Beurteilung der Ausstattung ankommt". Dann stehen aber den 1200 oder 1600 Chromosomen der Radiolarien viele Billionen Chromosomen auf der anderen Seite gegenüber.

Bei der Sporenbildung von *Oroscena* findet in dem Maße, als der Geschlechtskern sich fragmentiert (desintegriert), eine allmähliche Abnahme der Einzelknäuel und damit der Chromosomenzahl statt; und so habe ich bei den Teilungen der Sporenmutterkerne nur noch 15—20 körnchenförmige Chromosomen zählen können. Hier tritt uns also ein Reduktionsprozeß in großem Stil entgegen, der im Prinzip insofern mit einer „Reduktionsteilung" zu vergleichen wäre, als man das Auseinanderweichen von Chromosomen ohne vorhergegangene Längsspaltung als das charakteristische Merkmal einer Reduktionsteilung bezeichnen kann (1907c, S. 68, 103). Die Wiederherstellung der Zahl der Einzelknäuel kann wohl nur so gedacht werden, daß bei der Umbildung der mono- oder oligochromosomalen Schwärmer (?Zygoten) zur polychromosomalen jugendlichen *Oroscena* innerhalb des Kernes ein Vermehrungsvorgang irgend welcher Art sich abspielt. Vielleicht handelt es sich dabei um ähnliche Prozesse, wie diejenigen, denen die regelmäßig-geometrischen Zahlenreihen, welche durch die Chromosomenzahlen vieler Metazoen und Metaphyten gebildet werden (2—4—8—16 . . ., 6—12—18—24 . . . .) ihre phylogenetische Entstehung verdanken (1907c, S. 66).

Angesichts der vielen Aehnlichkeiten, welche die Chromosomen der Radiolarien mit denjenigen der höheren Organismen zeigen, erhebt sich die Frage, ob wir bei ersteren während der vegetativen Teilungsprozesse eine Kontinuität der Chromosomen-Individuen im Sinne der Individualitätshypothese annehmen dürfen. Eine erste Voraussetzung hierfür würde sein, daß die Zahl der Chromosomen bei unserem Objekte konstant ist oder wenigstens nur gesetzmäßige, etwa im Rahmen einer geometrischen Reihe sich haltende Schwankungen aufweist. Ob dies zutrifft, läßt sich zur Zeit nicht sagen. Die Angabe von BORGERT (1900, S. 229, 242), daß die Menge des Chromatins in den Aequatorialplatten der einzelnen Individuen eine verschiedene und die Zahl der Kernsegmente durchaus keine konstante sei, ist zu unbestimmt, als daß sich damit die Individualitätshypothese in unserem Falle widerlegen ließe.

Wichtiger ist das Schicksal der Chromosomen in den Telophasen und ihre Entstehung in den ersten Prophasen. Es muß hier gesagt werden, daß die Umstände, unter denen sich das Verschwinden und Wiederauftauchen der Chromosomen vollzieht, allerdings recht gut mit den Voraussetzungen der Individualitätshypothese im Einklang stehen, und daß sich insbesondere auch die bei den Radiolarien so augenfällig hervortretende Erscheinung der Heterochronie vielleicht besser vom Boden dieser Lehre, als beispielsweise von der neuerdings von FICK aufgestellten Manövrierhypothese aus verstehen läßt. Insbesondere dürften die bei den Aulacanthiden bekannt gewordenen telophasischen und prophasischen Umwandlungsprozesse (Textfig. 218—224)

speciell für diejenige Form der Individualitätshypothese eine Stütze bilden, welche die Kontinuität der Kernsegmente nicht in die Chromatinkörnchen, sondern in das „achromatische" Grundplasma verlegt (Achromatinhypothese, 1907c, S. 24).

Was zum Schluß die Funktion der Chromosomen und des ruhenden Kernes anbelangt, so vermag ich nichts Neues vorzubringen. Die Ergebnisse der bekannten, von Verworn (1889) an *Thalassicolla* ausgeführten Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Kern und Zellleib lassen die Hoffnung berechtigt erscheinen, daß der Radiolarienkern der Experimentalforschung noch mannigfache Angriffspunkte bieten wird, und einer der Wünsche, die sich mir im Laufe meiner Untersuchung aufgedrängt haben, geht dahin, bei *Thalassicolla* oder einem ähnlichen Objekte die Frage nach der ernährungs- und vererbungsphysiologischen Rolle des Kernes wieder aufzunehmen.

Daß der Kern der Radiolarien in ernährungsphysiologischer Hinsicht nicht bloß ein Laboratorium, sondern auch ein Stoffmagazin ist (vergl. Rhumbler, 1902, S. 291), das zeigen deutlich die in ihm abgelegten Depots von anscheinend nicht-organisierten Stoffen, z. B. die nucleolus-ähnlichen Binnenkörper und die vorläufig als „Fettträubchen" bezeichneten Körnchenhaufen der Tripyleenkerne. Bezeichnend ist dabei, daß diese im Kerninnern nachzuweisenden Ablagerungen offenbar ganz anderer Natur sind als die in der Centralkapsel und in der extrakapsulären Sarkode sich ansammelnden Zwischen- und Endprodukte des Stoffwechsels. In der That werden weder im Kern der Collodarien die mannigfach gestalteten „Konkretionen" (Taf. LXXVII, Fig. 543, 544; Taf. LXXVIII), die man regelmäßig in der Intrasarkode antrifft und welche offenbar die Bedeutung von Reservestoffen haben, noch im Tripyleenkern die als Phäodellen bezeichneten Sekrettropfen [1]) angetroffen. Aehnliche Gegensätze bestehen auch zwischen der Intra- und Extrasarkode. Aus der Verschiedenheit der Ablagerungen ergiebt sich aber, daß auch die Stoffwechelvorgänge in den drei konzentrisch gelagerten Plasmasorten des Radiolarienkörpers (Kern, Intrasarkode, Extrasarkode) wesentlich verschiedener Natur sind, und so stellen alle diese drei Zonen drei gesonderte Laboratorien dar, welche wohl ihre Produkte aneinander abgeben, in denen aber mit ganz verschiedenen chemischen Mitteln und Reaktionen gearbeitet wird.

Inwieweit der Kern die in der Extrasarkode sich abspielenden Formbildungsprozesse und damit die Vererbung der Form beeinflußt, das entzieht sich noch unserer Kenntnis. Nur eines wird man vielleicht von vornherein sagen dürfen. Betrachtet man auf der einen Seite den großen, monoton gebauten Tripyleenkern mit über 1000 Chromosomen, auf der anderen Seite den anisotropen, nach verschiedenen Richtungen zu verschiedenartigen Differenzierungen befähigten extrakapsulären Weichkörper — von welchem einzelne Teile, nämlich die „häutigen Stachelanlagen", morphologisch abgegliedert und selber in hohem Maße physiologisch selbständig (autonom) erscheinen —, so wird man mit der Möglichkeit rechnen dürfen, daß „die Kernplasmabeziehungen im weitesten funktionellen Sinne in der polychromosomalen, mehrseitig differenzierten Radiolarienzelle andere sind, als in der oligo- und heterochromosalen, meist einseitig differenzierten Metazoenzelle" (1907, S. 161; 1907c, S. 8), daß also der Anteil von Kern und Zellplasma an den Formbildungs- und

1) Vergl. dagegen die oben (S. 543) citierte, vereinzelte Beobachtung von Borgert.

Vererbungserscheinungen bei den Radiolarien nicht ganz der nämliche ist, wie in anderen Stämmen der Organismenwelt. Daraus würde sich aber die Notwendigkeit ergeben, bei der wechselseitigen Uebertragung experimentell gewonnener Ergebnisse besondere Vorsicht walten zu lassen.

Schlusswort.

Der Formenreichtum der Radiolarien.

In der Einleitung zum Allgemeinen Teil dieser Arbeit wurde hervorgehoben, daß derjenige Charakterzug der Radiolarien, welcher neben der geometrischen Regelmäßigkeit vieler Skelette am meisten in die Augen fällt, der große Reichtum an divergierenden und teilweise hochspecialisierten Formen ist. Auch in den folgenden vier Hauptabschnitten hat, jedesmal bei anderer Fragestellung, die Verschiedenheit der Form den eigentlichen Mittelpunkt der Betrachtung gebildet, und es bleibt also zum Schluß noch übrig, nach dieser speciellen, vorwiegend deskriptiven Behandlung, auch vom Boden der allgemeinen Entwicklungstheorie aus eine Erklärung für die Entstehung des Formenreichtums zu versuchen.

Nachdem schon im letzten Abschnitt von den Variationen als den Grundlagen der phylogenetischen Entwicklung die Rede war, soll also jetzt von den Ursachen der stammesgeschichtlichen Formdifferenzierung gesprochen werden.

Bei der ontogenetischen Untersuchung des Radiolarienskelettes wurden die bei der Formbildung wirksamen Einzelprozesse, insbesondere die Sekretions- und Sprossungsvorgänge, als physiologisch oder vital bezeichnet, mit der Fiktion, daß nach und nach wohl ihre Auflösung in einfachere Komponenten physikalischer und chemischer Natur gelingen oder daß sich wenigstens unter den bei anorganischen Körpern vorkommenden Umsetzungs- und Wachstumsvorgängen augenscheinliche Homologien herausstellen werden. Ob auch nur dieses letztere Ziel erreichbar ist, mag bei manchen Formverhältnissen zweifelhaft erscheinen, so bei den erblichen Asymmetrien im Falle unvollständiger Trichotomie (*Coelechinus, Cytocladus,* S. 645), bei gewissen asymmetrischen Abnormitäten (*Auloceros arborescens trigeminus,* S. 588), bei den sympodial verzweigten Ankerfädchen (S. 647). Jedenfalls kann aber von diesem heuristisch-mechanistischen Standpunkt aus der Versuch gemacht werden, auch die stammesgeschichtliche Entstehung des Formenreichtums ausschließlich aus bekannten Verhältnissen, insbesondere aus den Beziehungen zwischen Organismus und Außenwelt abzuleiten.

Zwei Umstände sind es aber, welche bei den Radiolarien, ebenso wie bei allen überwiegend marin-planktonischen Organismengruppen einem solchen Erklärungsversuch im Wege zu stehen scheinen, die monotone Beschaffenheit des Mediums und die mangelnde oder unvollständige Isolation der Wohnbezirke.

Die Monotonie des Mediums macht sich bei den Radiolarien und speciell bei den vorwiegend tiefenbewohnenden Tripyleen nicht bloß in der relativen Einförmigkeit der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Wassers, sondern auch in der weitgehenden Uebereinstimmung der Nahrung geltend, und zwar kommen dabei nicht nur die Verhältnisse in Betracht, wie sie in der Gegenwart innerhalb der verschiedenen Oceane und insbesondere ihrer Tiefenregionen bestehen, sondern es ist, soviel wir wissen, auch für die ganze Reihe der geologischen Perioden eine große Konstanz der äußeren Faktoren anzunehmen. Allerdings glaubt die heutige Geologie[1]) zugeben zu müssen, daß im Laufe der Erdperioden Temperaturschwankungen vorgekommen sind, sei es infolge der wechselnden Verteilung von Wasser und Land und der dadurch bewirkten Stromablenkungen, sei es im Zusammenhang mit Oscillationen der Erdachse oder mit Veränderungen im Kohlensäuregehalt der Atmosphäre. Doch könnte es sich, wenigstens im ersteren Falle, nur um lokale und in allen Fällen höchstens um kleine, auf wenige Grade sich belaufende Unterschiede handeln, für die Gesamtheit des Wassers aber sind schwerlich Temperaturveränderungen von beträchtlichem Umfange anzunehmen.

Entsprechendes dürfte aber auch für die chemische Zusammensetzung des Wassers und für die pflanzliche Nahrung der Radiolarien gelten. In ersterer Hinsicht sind wenigstens im offenen Ocean weder örtliche noch zeitliche Schwankungen in größerem Umfang anzunehmen, und was die Zusammensetzung des Phytoplanktons anbelangt, so sind die Diatomeen aus den Gattungen *Fragilaria* und *Coscinodiscus,* die sich im Phäodium so vieler Tripyleen als wesentliche Nahrungsbestandteile vorfinden, mindestens schon in den tertiären Meeren verbreitet gewesen.

Und doch dürften die Ergebnisse des II. Abschnittes, in welchem sehr enge Beziehungen zwischen der Form der Radiolarien und den Temperaturverhältnissen nachgewiesen werden konnten, zu dem Schlusse berechtigen, daß selbst geringe Temperaturschwankungen, wie sie möglicherweise in den einzelnen größeren Meeresgebieten im Laufe der geologischen Perioden aufeinander gefolgt sind, eine sehr wichtige Rolle bei der Artbildung und bei der Entfaltung des Formenreichtums gespielt haben. Daß auch geringfügige Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Meerwassers einen ähnlichen Einfluß ausüben könnten, darauf weist nicht nur die große Empfindlichkeit hin, welche manche Objekte der entwicklungsmechanischen Forschung gegenüber verschiedenen Salzgemischen gezeigt haben, sondern auch eine Beobachtung, welche Bütschli bei den Acantharien gemacht hat (1906). Danach bauen diese Radiolarien ihr Skelett im wesentlichen aus Strontiumverbindungen auf und sind also von einem Elemente abhängig, welches zwar direkt im Meerwasser (und ebenso im Kesselstein der Dampfer und in der Asche von *Fucus*) nachweisbar ist[2]), aber im Ocean jedenfalls nur in so geringer Menge auftritt, daß sein Vorkommen in den chemischen Analysen des Meerwassers weder einen zahlenmäßigen Ausdruck findet noch überhaupt erwähnt zu werden pflegt[3]).

1) Für freundliche Beratung in diesen Fragen bin ich meinem verehrten Kollegen, Prof. Sauer, zu Dank verpflichtet.
2) J. Roth, Allgemeine und chemische Geologie, Bd. I, Berlin 1879.
3) Vergl. z. B. A. Sauer, Mineralkunde, S. 115; M. Neumayr, Erdgeschichte, Bd. I, S. 545.

Was den zweiten der vorhin erwähnten Faktoren, die Isolation, anbelangt, so pflegt ihr fast von allen neueren Biologen und Thiergeographen eine größere oder geringere Rolle bei der Artbildung zugeschrieben zu werden. Bei einigen Formen, z. B. bei den Bewohnern der Hochgebirge, tritt ja diese Bedeutung unmittelbar zu Tage[1]). Aber auch innerhalb kleinerer Gebiete, welche nur durch Bodenerhebungen, durch die Verteilung der Vegetation und andere lokale Schranken gegliedert erscheinen, kann sich die Wirkung der Isolation geltend machen, wie dies z. B. von GULICK für die Achatinellen von Oahu (Sandwich-Inseln) angenommen wurde (vergl. WEISMANN, 1904, 2. Bd., S. 246; PLATE, 1907).

Bei den Radiolarien und speciell bei den Tripyleen dürfte nun, wie bei anderen marin-planktonischen Organismen, die Wirkung der Isolation in der That weniger bemerkbar sein als bei terrestrischen, littoralen und limnetischen Formen. Indessen ist kaum zu bezweifeln, daß dieser Faktor auch bei den Radiolarien eine Bedeutung für die Artbildung hat. Möglicherweise wird einmal die genauere Untersuchung der tiefer lebenden Tripyleen des Mittelmeeres bessere Anhaltspunkte für diese Annahme gewähren, da ja bekanntlich die Tiefenregionen des Mittelmeerbeckens durch eine vorgelagerte, zwischen Cap Trafalgar und Cap Spartel sich erstreckende Barre von denen des Oceans abgetrennt sind. Auf alle Fälle legen aber die Beobachtungen, welche SCHIMPER an den Peridineen der atlantischen Meeresströmungen gemacht hat (vergl. S. 566), die Vorstellung nahe, daß auch bei den offenbar in hohem Maße temperaturempfindlichen Radiolarien die verhältnismäßig scharfen Abgrenzungen zwischen polaren und warmen Stromgebieten oder auch die besonderen Verhältnisse mancher Stromwirbel eine isolierende und im Zusammenhang damit eine artbildende Wirkung ausüben können.

Wenn sich also bei unserem Versuche, den Formenreichtum mit den Verhältnissen der Außenwelt in Zusammenhang zu bringen, weder aus der relativen Monotonie des Mediums noch aus der unvollständigen Isolation der Wohnbezirke allzu große Schwierigkeiten zu ergeben scheinen, so erhebt sich die weitere Frage: besteht bei den Radiolarien der Einfluß des äußeren Mediums mehr in der Erzeugung von nicht-erblichen Standorts- oder Klimavariationen, oder haben wir eine accumulative Wirkung der sich verändernden Lebensbedingungen im Sinne LAMARCK's oder endlich eine weitgehende Beherrschung der Formbildung durch die Selektion anzunehmen?

Als Beispiele für Standortsmodifikationen können die in den Mischwassergebieten auftretenden Skelettabnormitäten betrachtet werden (S. 598). Bei diesen Vorkommnissen, die allerdings mehr pathologischer Natur sind, dürfte es sich in der That um einen direkten Einfluß des Mediums auf die Skelettbildung der einzelnen Individuen handeln.

Daß ferner die Annahme einer Artbildung im Sinne LAMARCK's bei Einzelligen auf geringere theoretische Schwierigkeiten stößt als bei den Vielzelligen, wird seit den Ausführungen WEISMANN's über diesen Gegenstand wohl allgemein anerkannt. Speciell bei der Vermehrung von *Aulacantha* und anderer mit isolierten Skelettstücken ausgestatteten Radiolarien stellen sich die Tochterindividuen nicht bloß in morphologischer Hinsicht als augenscheinliche „Fortsetzungen des Mutterwesens" (WEISMANN) dar, sondern sie setzen bei ihrem weiteren Wachstum, bei der Vervollständigung ihrer Stachel-Armatur, ihres Phäodiums, ihres Alveolarapparates, einfach die sekretorischen Thätigkeiten des Mutterindividuums fort, so daß sich hier, deutlicher vielleicht als bei anderen

1) Ein besonders schönes Beispiel bilden die echten Steinböcke vom Subgenus *Ibex* mit ihren zahlreichen, auf die Hochgebirge der alten Welt verteilten geographischen Unterarten. Vgl. DÖDERLEIN, 1902, S. 421.

Protozoen, auch in den Formgestaltungsprozessen die physiologische Kontinuität ohne weiteres nachweisen läßt. Man kann sich also hier leicht denken, daß Eindrücke, welche das Mutterindividuum empfangen hat, so nachhaltig sein können, daß ihre Wirkung auch den Teilungsakt überdauert und die formgestaltende Thätigkeit der Tochter- und Enkelindividuen beeinflußt. So könnte z. B. angesichts der Erscheinung, daß zusammenwohnende, verschiedenen Abteilungen angehörige Arten in einfacheren Formverhältnissen, vor allem in der Körpergestalt, auffällige, teleologisch nicht zu deutende Konvergenzen aufweisen (S. 575), an eine accumulierende Wirkung der Lebensbedingungen gedacht werden. Daß aber eine weiter gehende oder gar eine uneingeschränkte Anwendung des LAMARCK'schen Erklärungsprinzips sofort auf Hindernisse stößt, ergiebt sich aus einer Gegenüberstellung der beiden Hauptresultate dieser Arbeit, d. h. wenn man berücksichtigt, daß das Radiolarienskelett einerseits bis in die kleinsten Einzelheiten und nach allen Richtungen hin (Größe, Gesamtform, derbe oder zarte Beschaffenheit, Zahl, Länge und Verzweigungsweise der Radialstacheln u. s. w.) „angepaßt" ist, und daß andererseits seine Entstehung nicht auf einem einfachen Abscheidungs- und Erhärtungsvorgang, sondern auf dem Zusammenwirken mehrerer, relativ selbständiger Einzelprozesse beruht. Denn so eng zusammengedrängt und innig verbunden alle jene Anpassungseinrichtungen im Radiolarienkörper auch sind, und so gering auch die Zahl der Entwicklungsetappen ist, welche zwischen dem formbildenden Plasma und dem fertigen Skelettzustand liegen, so treten doch auch bei diesen einzelligen Organismen jene Schwierigkeiten deutlich hervor: sind wir doch außer stande, uns einen einzelnen äußeren Naturfaktor oder eine Gruppe von solchen oder irgend eine Form des „Gebrauchs und Nichtgebrauchs" vorzustellen, durch welche die Gesamtheit der verhältnismäßig selbständigen, ontogenetischen Elementarprozesse derart abgeändert werden könnte, daß dem ganzen Komplex von Anpassungseinrichtungen seine morphologische und funktionelle Harmonie erhalten bliebe!

Welchen Einfluß wir aber auch der direkten (accumulierenden, progressiven) Wirkung des äußeren Mediums zuschreiben, auf alle Fälle wird schon bei der Bildung und Erhaltung geringfügiger Abänderungen, bei der Entstehung der Vertikalrassen und geographischen Unterarten der Selektion eine sehr wichtige Rolle zuzuschreiben sein. Aus theoretischen Gründen ist aber dann anzunehmen, daß sie bei weitergehender Divergenz der Formen, bei der Entfaltung des eigentlichen Formenreichtums in noch höherem Maße eine entscheidende Bedeutung besitzt.

Von diesen allgemeinen Voraussetzungen aus könnte man sich dann vorstellen, daß verschiedene besondere Momente die Formdifferenzierung begünstigen.

Wie gezeigt wurde, ist das Radiolarienskelett als eine sehr komplizierte und auf kompliziertem Wege entstandene Anpassungseinrichtung aufzufassen, deren Einzelteile harmonisch miteinander verbunden, säulen- und druckfest, elastisch und möglichst leicht sein müssen und die verschiedensten Funktionen zu erfüllen haben. Es werden also schon kleine Abänderungen des einen Merkmals oder des einen formbildenden Mittels notwendig eine korrelative Abänderung mehrerer anderer Merkmale und formbildender Mittel im Gefolge haben müssen, damit dem Körper seine Schwebfähigkeit und Druckfestigkeit erhalten bleibt, und so werden schon bei geringen Schwankungen in der Beschaffenheit des Mediums die Anpassungsprozesse zu sehr beträchtlichen und sehr mannigfaltigen Veränderungen in der Zusammensetzung des Artbildes führen können (1906 b,

S. 50). So wurde an dem wiederholt besprochenen, vielseitig-monströsen *Aulosphaera*-Skelett (S. 599, Textfig. 175; S. 664) gezeigt, daß Abänderungen endogenen oder exogenen Ursprunges, welche einen einzelnen Elementarfaktor, z. B. die Oberflächenspannung der häutigen Stachelanlage, betreffen, allerdings nach einer bestimmten Richtung hin eine Annäherung an den Castanelliden-typus bewirken können, daß aber offenbar eine harmonische Neubildung nur bei gleichzeitiger Abänderung einer ganzen Reihe von Verhältnissen entstehen könnte.

An zweiter Stelle wird man berücksichtigen dürfen, daß die kleinen Temperaturschwankungen, wie sie in den einzelnen Meeresgebieten im Laufe der geologischen Perioden aufeinander gefolgt sind, die Radiolarien jedesmal auf einer anderen Organisationsstufe angetroffen haben und daß daher ihre modellierende Wirkung immer wieder eine verschiedene sein mußte. Wir können auch sagen: weil bei den Radiolarien die Wirkungen der zeitlichen und örtlichen Temperaturveränderungen und überhaupt der äußeren Faktoren nicht als direkte Umprägungen der Form gedacht werden können, sondern weil sich speciell die Skelettstrukturen ihnen anpassen müssen, so werden bei abwechselnden Temperaturerhöhungen und -erniedrigungen die Formen nicht mit oscillierenden Bewegungen um einen mittleren Typus antworten, sondern eine fortschreitende Entwicklung und damit eine zunehmende Divergenz aufweisen. Das Keim- oder Artplasma ist eben, wie dies von WEISMANN (1904, S. 277 ff.) in seiner Theorie von der Germinalselektion angenommen und auch von PLATE (1907, S. 585) neuerdings ausgeführt wurde, eine historische Substanz, welche bei einer Umkehr der äußeren Bedingungen nicht ohne weiteres auf den früheren Zustand zurücksinkt, sondern sich in der Regel noch weiter vom Ausgangspunkt entfernen wird.

Zwei Beispiele mögen dies Verhältnis veranschaulichen.

Es lassen sich Gründe für die Annahme anführen, daß innerhalb der Großart *Aulospathis variabilis* die Varietäten *aulodendroides* mit monopodial verzweigten Stacheln (Taf. VII, Fig. 70 71, 76), *triodon-diodon* mit doppelter Quirlstellung (Fig. 78, 79) und *monodon* mit ihrem auf einen Terminalast reduzierten Endquirl (Fig. 80) eine phylogenetische Reihe bilden. Innerhalb dieser Reihe bedingt der Bau der Stacheln beim ersten und dritten Glied eine vermehrte, beim zweiten eine verringerte Oberflächenvergrößerung und Schwebefähigkeit. Es würde sich also daraus ergeben, daß die Vorfahren speciell von *Au. variabilis monodon* zuerst aus einem wärmeren, dünneren Medium in ein kühleres, dichteres übergegangen und dann wieder in ein wärmeres Medium zurückgekehrt sind. Thatsächlich finden wir auch, daß die Varietät *aulodendroides* in den eigentlich tropischen Meeresgebieten, also in den vermutlichen Stammsitzen der Gattung, zu Hause ist, daß die Unterart *triodon-diodon* das Tiefenkühlwasser der gemäßigten und kalten Meeresgebiete bewohnt, *monodon* dagegen auch in den höheren, etwas mehr durchwärmten Schichten der letzteren vorkommt (Syst. Teil, S. 81). Beim Uebergang in diese hat also keine Rückkehr zur ursprünglichen monopodialen Form stattgefunden, sondern es hat sich von der zweiquirligen Etappe aus ein neuer Typ herausgebildet.

In ähnlicher Weise sind vielleicht innerhalb der Familie der Medusettiden aus den kleinen, beschalten Oberflächenbewohnern (*Medusetta-* und *Euphysetta*-Arten) zunächst die großen, mit mächtigem Skelett ausgestatteten Tiefenkühlwasserformen (*Planktonetta* u. a.) und aus diesen wieder bei abermaliger Anpassung an wärmere, dünnere Schichten unter Rückbildung und Wegfall des Skelettes die zuerst von BORGERT beschriebenen Atlanticelliden entstanden.

Als ein dritter Faktor, welcher bei der Entstehung des Formenreichtums der Radiolarien eine Rolle gespielt haben mag, darf möglicherweise ein polyphyletischer Ursprung der größeren Abteilungen betrachtet werden. Für die außerordentliche Formendivergenz, welche innerhalb der Ordnung der Tripyleen in augenfälliger Weise hervortritt, käme freilich diese Hilfsannahme nicht in Betracht, da für die Tripyleen, wie der einheitliche Aufbau der hochspecialisierten Centralkapsel zeigt, sicherlich ein monophyletischer Ursprung anzunehmen ist. Wohl aber könnte z. B. daran gedacht werden, daß verschiedene Ordnungen oder Legionen, vielleicht auch die einzelnen Hauptabteilungen der Nassellarien selbständige Stämme darstellen, welche getrennt voneinander aus skelettlosen Protozoengruppen hervorgegangen sind, und in diesem Falle wäre nicht bloß der große Formenreichtum, sondern vor allem auch das Nebeneinandervorkommen so vieler weit divergierender Formen an derselben Oertlichkeit dem Verständnis nähergerückt, wie dies auch schon für andere marine Organismengruppen dargelegt worden ist [1]).

Mittels dieser drei Hilfsannahmen könnte vielleicht die Erscheinung des Formenreichtums eine teilweise Erklärung finden. Gerade bei den Radiolarien, also bei einem der klassischen Objekte der vergleichend-phylogenetischen Untersuchung, läge es wohl nahe, diesen Erörterungen einen noch größeren Raum zu gewähren, aber es würde damit der Kreis derjenigen Fragen zu weit überschritten werden, für deren Beantwortung die Ausbeute einer Expedition, und sei sie auch so reichhaltig wie die der „Valdivia", entscheidendes Material liefern könnte.

Wenn mir also auch die phylogenetische Erklärung des Formenreichtums als das ideale Ziel der Untersuchung vorschwebte, so mußte doch der Schwerpunkt der Untersuchung auf anderem Gebiete liegen. So habe ich es denn als Hauptaufgabe des Allgemeinen Teiles angesehen, direkt an die Beobachtungen anzuknüpfen und den Boden für die Experimentalforschung vorzubereiten durch den Nachweis, daß nicht wenige Sätze der allgemeinen Formenphysiologie und Entwicklungsgeschichte, der Vererbungs- und Variationslehre eine lehrreiche Anwendung und einige Probleme wohl auch eine neue Beleuchtung finden, wenn man sie aus der Welt der Vielzelligen überträgt auf die gestaltenreiche Gruppe der einzelligen Radiolarien.

1) So hat z. B. auch REINKE (1903, S. 52) die Thatsache, daß im Stillen Ocean so ziemlich alle morphologischen Typen der Laminariaceen vielfach an denselben Standorten durcheinander wachsen, durch Annahme einer polyphyletischen Entwicklung verständlich zu machen gesucht.

Stuttgart, November 1908.

Litteraturverzeichnis zum Allgemeinen Teil.

BERGT, W. (1905), Radiolarienführende Kieselschiefer im „Kambrium" von Tharandt in Sachsen. Centralbl. Min. Geol. Pal., 1905.

BERTHOLD, G. (1882), Ueber die Verteilung der Algen im Golf von Neapel etc. Mitt. Zool. Station Neapel, Bd. III, 1882.

BLOCHMANN, F. (1906), Zur Systematik und geographischen Verbreitung der Brachiopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XC, 1906.

BORGERT, A. (1891), Ueber Dictyochiden, insbesondere über *Distephanus speculum,* sowie Studien an Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LI, 1891.

— (1892), Vorbericht über einige Phäodarien- (Tripyleen-)Familien der Plankton-Expedition. Erg. Plankt.-Exp., Bd. I, A, Kiel u. Leipzig 1892.

— (1896), Zur Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien (Phäodarien). Zool. Anz., Jahrg. 19, 1896.

— (1896 a), Fortpflanzungsverhältnisse bei tripyleen Radiolarien (Phäodarien). Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1896.

— (1900), Untersuchungen über die Fortpflanzung der tripyleen Radiolarien, speciell von *Aulacantha scolymantha* H. I. Teil. Zool. Jahrb. (Anat. Abt.), Bd. XIV, 1900.

— (1905), Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. Tuscaroridae. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. 2, 1905.

— (1907), Die tripyleen Radiolarien der Plankton-Expedition. Concharidae. Erg. d. Plankt.-Exp., Bd. III, L. h. 5, 1907.

BRANDT, K. (1885), Die koloniebildenden Radiolarien (Sphärozoëen) des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. Fauna u. Flora d. Golfes v. Neapel, 13. Monogr., Berlin 1885.

— (1890), Neue Radiolarienstudien. Mitt. Ver. Schlesw.-Holst. Aerzte, Heft 12, 1890.

— (1892), Ueber Anpassungserscheinungen und Art der Verbreitung von Hochseetieren. Erg. Plankt.-Exp., Bd. I, A, 1892.

— (1897). Biologische und faunistische Untersuchungen an Radiolarien und anderen pelagischen Tieren. I. Untersuchungen über den hydrostatischen Apparat von Thalassicollen und koloniebildenden Radiolarien. Zool. Jahrb. (Syst. Abt.), Bd. IX, 1897.

— (1902), Beiträge zur Kenntnis der Colliden. Arch. Prot., Bd. I, 1902.

BÜTSCHLI, O. (1883), Beiträge zur Kenntnis der Radiolarienskelette, insbesondere der der Cyrtida. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XXXVI, 1883.

— (1904), Beobachtungen über eigentümliche Sprungsysteme von großer geometrischer Regelmäßigkeit. Verh. Naturhist. Ver. Heidelb., N. F. Bd. VII, 1904.

— (1906), Ueber die chemische Natur der Skelettsubstanz der Acantharia. Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.

CHUN, C. (1897), Die Beziehungen zwischen dem arktischen und antarktischen Plankton, Stuttgart 1897.

— (1900), Aus den Tiefen des Weltmeeres, 1. Aufl., Jena 1900.

— (1903), Dasselbe, 2. Aufl., Jena 1903.

— (1904), Die vertikale Verbreitung des marinen Planktons. Compte-rendu 6me Congr. intern. Zool. Berne, 1904.

DAHL, F. (1894), Ueber die horizontale und vertikale Verbreitung der Copepoden im Ocean. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1894.

DAVID, T. W. EDGEWORTH and HOWCHIN, WALTER (1897), Note on the Occurrence of Casts of Radiolaria in Pre-Cambrian (?) Rocks, South Australia. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, Vol. XXI, 1897.

DAVID, T. W. E. (1897 a), The Occurrence of Radiolaria in Palaeozoic Rocks in N. S. Wales. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, Vol. XXI, 1897.

Döderlein, L. (1902), Ueber die Beziehungen nahe verwandter „Tierformen" zu einander. Zeitschr. f. Morph., Bd. IV, 1902.

Dreyer, F. (1892), Die Prinzipien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien und Echinodermen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung organischer Gebilde. Jen. Zeitschr., Bd. XXVI, 1892.

Driesch, H. (1906), Die Physiologie der tierischen Form. Ergeb. d. Phys., Jahrg. 5, 1906.

Duncker, G. (1899), Wesen und Ergebnisse der variationsstatistischen Methode in der Zoologie. Verh. Zool. Ges., 1899.

Ebner, V. v. (1887), Ueber den feineren Bau der Skelettteile der Kalkschwämme nebst Bemerkungen über Kalkskelette überhaupt. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Bd. XCV, 1. Abt., 1887.

Elpatiewsky, W. (1907), Zur Fortpflanzung von *Arcella vulgaris* Ehrbg. Arch. f. Protistenkunde, Bd. X, 1907.

Fruhwirth, C. (1905), Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Bd. I, Berlin 1905.

Fuchs, Th. (1883), Beiträge zur Lehre über den Einfluß des Lichtes auf die bathymetrische Verbreitung der Meeresorganismen. Verh. Geol. Reichsanstalt Wien, No. 2, 1883.

Giesbrecht, W. (1892), Systematik und Faunistik der pelagischen Copepoden des Golfes von Neapel. Fauna und Flora d. G. v. N., 19. Monogr., 1892.

— (1902), Copepoden. Résult. Voy. Belgica, R. 10, Anvers 1902.

Haeckel, E. (1862), Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria). Eine Monographie, Berlin 1862.

— (1872), Die Kalkschwämme. Eine Monographie. Berlin 1872.

— (1887), Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—76. Chall. Rep., Zool., Vol. XVIII, 1887.

— (1887 a), Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria). Eine Monographie. 2. Teil. Grundriß einer allgemeinen Naturgeschichte der Radiolarien, Berlin 1887.

— (1894), Systematische Phylogenie, I. Teil, Berlin 1894.

— (1906), Prinzipien der generellen Morphologie der Organismen, Berlin 1906.

Haecker, V. (1897), Ueber weitere Uebereinstimmungen zwischen den Fortpflanzungsvorgängen der Tiere und Pflanzen. Biol. Centralbl., Bd. XVII, 1897.

— (1904), Bericht über die Tripyleen-Ausbeute der Deutschen Tiefsee-Expedition. Verh. Zool. Ges., 1904.

— (1904 a), Ueber die biologische Bedeutung der feineren Strukturen des Radiolarienskelettes. Jen. Zeitschr., Bd. XXXIX, 1904.

— (1905), Finales und Kausales über das Tripyleenskelett. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. LXXXIII, 1905.

— (1906), Zur Kenntnis der Challengeriden. Vierte Mitt. über die Trip.-Ausbeute d. Deutsch. Tiefsee-Exp. Arch. Prot., Bd. VII, 1906.

— (1906 a), Zur Kenntnis der Castanelliden und Porospathiden. Fünfte Mitteilung über die Tripyleen der „Valdivia"-Ausbeute. Arch. Prot., Bd. VIII, 1906.

— (1906 b), Ueber die Mittel der Formbildung im Radiolarienkörper. Sechste Mitt. etc. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1906.

— (1906 c), Ueber einige große Tiefsee-Radiolarien. Siebente Mitt. über die Radiolarien der „Valdivia"-Ausbeute. Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.

— (1907), Zur Statik und Entwicklung des Cölographidenskelettes. Achte Mitt. etc. Arch. Prot., Bd. IX, 1907.

— (1907 a), Altertümliche Sphärellarien und Cyrtellarien aus großen Meerestiefen. Neunte Mitt. etc. Arch. Prot., Bd. X, 1907.

— (1907 b), Ueber Chromosomen- und Sporenbildung bei Radiolarien. Zehnte Mitt. etc. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1907.

— (1907 c), Die Chromosomen als angenommene Vererbungsträger. Erg. u. Fortschr. Zool., Bd. I, 1907.

— (1908), Ueber die lebende Substanz. Jahresh. Ver. Vat. Naturk. Württemberg, 1908.

Hertwig, O. (1906), Allgemeine Biologie, Jena 1906.

Hertwig, R. (1876), Zur Histologie der Radiolarien, Leipzig 1876.

— (1879), Der Organismus der Radiolarien, Jena 1879.

— (1898), Ueber Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von *Actinosphaerium Eichhorni*. Abh. Bayer. Akad. Wiss., 2. Kl., Bd. XIX, 3. Abt., 1898.

Hinde, Geo. Jennings (1890), Notes on Radiolaria from the Lower Palaeozoic Rocks (Llandeils-Caradoc) of the South of Scotland. Ann. and Mag. Nat. Hist., (6) Vol. VI, 1890.

HINDE, GEO. JENNINGS (1899), On the Radiolaria in the Devonian Rocks of New South Wales. Quart. Journ. Geol. Soc. London, Vol. 55, 1899.

IMMERMANN, F. (1904), Die Tripyleenfamilie der Aulacanthiden der Plankton-Expedition. Erg. Plankt.-Exped., Bd. III, L. h., 1904.

JENNINGS, A. V. (1899), The Geology of the Davos District (Switzerland). Quart. Journ. Geol. Soc. London, Vol. LV, 1899.

KARAWAJEW, W. (1895), Beobachtungen über die Struktur und Vermehrung von *Aulacantha scolymantha* HAECK. Zool. Anz., Jahrg. 18, 1895.

KARSTEN, G. (1905), Das Phytoplankton des antarktischen Meeres nach dem Material der Deutschen Tiefsee-Expedition 1898—1899. Wiss. Erg. Deutsch. Tiefsee-Exp., Bd. II, 2. Teil, 1907. (Eingeg. April 1905.)

— (1905a), Das Phytoplankton des Atlantischen Oceans etc. Ebenda. (Eingeg. Dezbr. 1905.)

— (1907), Das indische Phytoplankton etc. Ebenda. (Eingeg. Aug. 1907.)

LANG, A. (1901), Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. 2. Aufl., 2. Lief.: Protozoa, Jena.

LO BIANCO, S. (1903), Le pesche abissali eseguite da F. A. KRUPP col Yacht Puritan nelle adiacenze di Capri ed in altre località del Mediterraneo. Mitt. Zool. Stat. Neapel, Bd. XVI, 1903.

LOEB, J. (1905), On fertilization, artificial parthenogenesis, and cytolysis of the see urchin egg. Univ. Calif. Publ., Physiol., Vol. II, 1905.

LOHMANN, H. (1904), Eier und sogenannte Cysten der Plankton-Expedition. Erg. Plankt.-Exp., Bd. IV, N, 1904.

— (1905), Die Appendicularien des arktischen und antarktischen Gebiets, ihre Beziehungen zu einander und zu den Arten des Gebiets der warmen Ströme. Zool. Jahrb., Suppl. VIII, 1905.

MAAS, O. (1898), Die Ausbildung des Kanalsystems und des Kalkskelettes bei jungen Syconen. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1898.

— (1900), Ueber Entstehung und Wachstum der Kieselgebilde bei Spongien. Sitz.-Ber. Bayer. Akad. Wissensch., Bd. XXX, 1900.

— (1900a), Die Weiterentwicklung der Syconen nach der Metamorphose. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. LXVII, 1900.

— (1900b), Ueber die sogenannten Biokristalle und die Skelettbildung niederer Tiere. Sitz.-Ber. Ges. Morph. u. Phys. München, 1900.

— (1906), Die arktischen Medusen (ausschließlich der Polypomedusen). Fauna arctica, Bd. IV, Lief. 3, Jena 1906.

— 1906a), Medusen. Résult. Voy. Belgica, R. 51, Anvers, 1906.

MEISENHEIMER, J. (1905), Pteropoda. Wiss. Erg. Deutsch. Tiefsee-Exp., Bd. IX, 1905.

MINCHIN, E. A. (1898), Materials for a Monograph of the Ascons. I. On the Origin and Growth of the Triradiate and Quadriradiate Spicules in the Family Clathrinidae. Quart Journ. Micr. Sci., Vol. XL, 1898.

MRÁZEK, A. (1902), Arktische Copepoden. Fauna arctica, Bd. II, Lief. 3, Jena 1902.

MURRAY, J. (1876), Preliminary reports . . . on work done on board of the Challenger. Proc. Roy. Soc. London Trans. Vol. XXIV, 1876.

— (1896), On the deep and shallow-water marine fauna of the Kerguelen Region of the Great Southern Ocean. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. XXXVIII, Pt. 2, 1896.

ORTMANN, A. E. (1896), Ueber Bipolarität in der Verbreitung mariner Tiere. Zool. Jahrb. (Syst. Abt.), Bd. IX, 1896.

OSTWALD, WOLFGANG (1903), Zur Lehre vom Plankton. Naturwiss. Wochenschr., N. F. Bd. II, 1903, S. 481.

PFEFFER, G. (1891), Versuch über die erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsweise unserer Tierwelt, Hamburg 1891.

PLATE, L. (1904), Die Mutationstheorie im Lichte zoologischer Thatsachen. Compt. rend. 6e Congr. intern. Zool. Berne, 1904.

— (1906), Die Artbildung bei den Cerion-Landschnecken der Bahamas. Verh. Deutsch. Zool. Ges., 1906.

— (1907), Die Variabilität und die Artbildung nach dem Prinzip der geographischen Formenketten bei den Cerion-Landschnecken der Bahama-Inseln. Arch. Rass. u. Ges.-Biol., Jahrg. 4, 1907.

— (1908), Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung. Ein Handbuch des Darwinismus, 3. Aufl., Leipzig 1908.

POPOFSKY, A. (1904), System und Faunistik der Acanthometriden der Plankton-Exped. Inaug.-Diss., Kiel 1904.

— (1904 a), Die Acantharia der Plankton-Expedition. Teil I: Acanthometra. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. f. α. 1904.

— (1906), Die Acantharia der Plankton-Expedition. Teil II: Acanthophracta. Erg. Plankt.-Exp., Bd. III, L. f. β., 1906.

RAUBER, A. (1908), Ontogenese als Regeneration betrachtet, Dorpat 1908.

REINKE, J. (1903), Studien zur vergleichenden Entwicklungsgeschichte der Laminariaceen, Kiel 1903.

Reinke, J. (1905), Philosophie der Botanik, Leipzig 1905.
Reukauf, E. (1905), Ueber Difflugiengehäuse. Naturw. Wochenschr., N. F. Bd. IV, 1905.
Rhumbler, L. (1901), Nordische Plankton-Foraminiferen. Nordisches Plankton, XIV, Kiel und Leipzig 1901.
— (1902), Die Doppelschalen von *Orbitolites* und anderen Foraminiferen, vom entwicklungsmechanischen Standpunkt aus betrachtet. Arch. Prot., Bd. I, 1902.
— (1904), Zellenmechanik und Zellenleben, Leipzig 1904.
— (1906), Foraminiferen von Laysan und den Chatham-Inseln. Zool. Jahrb. (Syst. Abt.), Bd. XXIV, 1906.
— (1906a), Aus dem Lückengebiet zwischen organismischer und anorganismischer Materie. Erg. Anat. u. Entw., Bd. XV (1905), 1906.
Roux, W. (1893), Entwicklungsmechanik. Erg. Anat. u. Entw., Bd. II (1892), 1893.
— (1894), „Einleitung." Arch. f. Entw.-Mech. d. Org., Bd. I, 1894.
Rüst (1892), Beiträge zur Kenntnis der fossilen Radiolarien aus Gesteinen der Trias und der paläozoischen Schichten. Palaeontographica, Bd. XXXVIII, 1891—1892.
Sarasin, P. und F. (1899), Die Landmollusken von Celebes, Wiesbaden 1899.
Schaudinn, F. (1895), Ueber die Theilung von *Amoeba binucleata* Gruber. Sitz.-Ber. Ges. naturf. Fr. Berlin, 1895.
— (1896), Ueber das Centralkorn der Heliozoen, ein Beitrag zur Centrosomenfrage. Verh. Deutsch. Zool. Ges. Bonn, 1896.
Schott, G. (1902), Oceanographie und maritime Meteorologie. Wiss. Erg. Deutsch. Tiefsee-Exp., Bd. I, 1902.
Schröder, O. (1906), Neue Protozoen der Deutschen Südpolar-Expedition. Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.
— (1906a), Neue Radiolarien *(Cytocladus gracilis* und *Cytocl. major)* der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. Deutsche Südpolar-Exp., Bd. IX, 1906.
— (1906b), Eine neue *Cytocladus*-Art *(Cytocladus spinosus)*. Zool. Anz., Bd. XXX, 1906.
— (1907), Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Myxosporidie *Sphaeromyxa labrazesi* (Laveran et Mesnil). Arch. Prot., Bd. IX, 1907.
Schulze, F. E. (1887), Zur Stammesgeschichte der Hexactinelliden. Abh. Preuß. Ak. Wiss. Berlin, 1887.
Spengel, J. W. (1905), Betrachtungen über die Architektonik der Tiere. Zool. Jahrb., Suppl. 8, 1905.
Steinhaus, O. (1896), Die Verbreitung der Chätognathen im südatlantischen und indischen Ocean. Inaug.-Diss. Kiel 1896.
Thompson, J. C. (1898), Contributions to our Knowledge of the Plankton of the Faeröe Channel. No. IV. Report on the Copepoda etc. (With an Appendix by Dr. Fowler.) Proc. Zool. Soc. London, 1898.
Vanhoeffen, E. (1897), Die Fauna und Flora Grönlands. Grönland-Exp. d. Ges. f. Erdk. 1891—1893, Berlin 1897.
Verworn, M. (1889), Psychophysiologische Protistenstudien, Jena 1889.
de Vries, H. (1901), Die Mutationstheorie, Bd. I, Leipzig 1901.
— (1903), Die Mutationstheorie, Bd. II, Leipzig 1903.
— (1906), Arten und Varietäten und ihre Entstehung durch Mutation, Berlin 1906.
Weismann, A. (1904), Vorträge über Dezcendenztheorie, 2. Aufl., Jena 1904.
Wesenberg-Lund, C. (1900), Von dem Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Bau der Planktonorganismen und dem specifischen Gewicht des Süßwassers. Biol. Centralbl., Bd. XX, 1900.

Sachregister.

(Zugleich Verzeichnis der Textfiguren.)

Acantharien. Centralkapsel 495 (Fig. 121). Verbreitung 534. Gelbe Zellen 540. Stacheln 566. Grundform 578.
Acanthometra Heideri 495 (Fig. 121).
Acanthosphaera 505, 569, 632.
Achromatinhypothese 689.
Achsenfäden (Achsennadeln) 610, 613, 619, 624.
Aehrentypus 500 ff., 646, 652.
Aequatoriale Formen 527.
Alveolen 510, 511, 517.
Amalgamierung 627.
Amphidisken 493.
Amphipole Formen 528.
Anaphase 682.
Ankerfädchen 489, 508, 574, 647 (Fig, 205).
Anpassung, morphologische 559.
Antarktische Formen 571.
Appendicularorgane 481.
Artplasma 659.
Astracantha.Entwicklungsstockung 596.
Astracanthiden 495 (Fig. 122). Alveolarsubstanz 511.
Astroidskelette 494.
Astropylen. Zahl 667. Bau 669. Teilung 670.
Astrosphäriden 633 (Fig. 197—198). Verbreitung 534, 569. Konvergenzen 575. Centralkapsel 684.
Asymmetrien 597, 653.
Attraktionssphären 611.
Atlanticella. Radialstacheln 508, 620. Alveolarsubstanz 511. Außenschale 521.
Aulacantha 502 (Fig. 133—135), 503, 567. Phäodium 548. Größe 562, 661. Vermehrung 672. Kern 676 (Fig. 214). Kernteilung 678.
Aulacanthiden. Radialstacheln 483. Horizontalverbreitung 527, 531. Phäodium 547. Körpergestalt 562. Skelettbildung 599, 603. Vermehrung 673. Kern 678.
Aulastrum spinosum 492, 501 (Fig. 131).
Aulatractus. Parapylen 667, 668 (Fig. 208—210), 669 (Fig. 211).
Auloceros. Entwicklung 600 (Fig. 177). Fremde Stacheln 606. Zweiteilung 673.
— arborescens 496 (Fig. 123), 662.
— — trigeminus 588 (Fig. 171), 597.
Aulocoryne zetesios 527, 548.
Aulographis arcuata 494 (Fig. 120), 646.
— pandora 556 (Fig. 154,2), 587 (Fig. 170a), 652. Fremde Stacheln 606. Sporenbildung 675.
— stellata 600 (Fig. 176).
— tetrancistra. Spathillen 484 (Fig. 107). Phäodium 546.
— tetrastyla 587 (Fig. 170f), 648.
Aulographonium antarcticum 504 (Fig. 137).
— bicorne 483 (Fig. 105), 484 (Fig. 108).
— candelabrum 483 (Fig. 105).
— mediterraneum 504 (Fig. 138).
Aulokleptes 590 (Fig. 172), 604 (Fig. 179), 627, 651.
— flosculus. Verbreitung 528. Radialstachel 590 (Fig. 173).
— ramosus 671 (Fig. 213).
Auloscena. Skelett 485. Abnormität 610 (Fig. 181).
— atlantica 487 (Fig. 112).
— pelagica 501 (Fig. 129), 556 (Fig. 154).
— verticillus 485 (Fig. 109, 110).
Aulosphaera bisternaria 503 (Fig. 136), 515, 567.
— dendrophora 492.
— elegantissima 482 (Fig. 104), 502 (Fig. 132), 648.
— labradoriensis 556 (Fig. 154,5).
— robusta 515.
— triodon 587 (Fig. 170b).
Aulosphäriden. Skelettfunktion 485. Orientierung 515. Verbreitung 531. Größe und Form 563. Abnormitäten 599 (Fig. 175), 613, 619, 630, 658, 664. Skelettbildung 608, 610 (Fig. 182), 628. Kern 676.
Aulospathis pinus 625 (Fig. 196), 647 (Fig. 204).
—-Stufe 539, 555.
— variabilis 547 (Fig. 153). Stachelzahl 571. Häufigkeitspolygon 646 (Fig. 202), 655. Verbreitung 661. Phylogenese 694.
— variabilis bifurca 528, 645, 652, 662, 663.
— variabilis triodon 556 (Fig. 154,3), 587 (Fig. 170c), 601 (Fig. 178). Abnormität 598.
Außenschale 521.
Automerizonten 651.

BATESON 654.
Biokrystallisation 583.
Binnenkerne 680.
Bipolaritätshypothesen 530.
Bipolare Formen 528, 530.
Bizonäre Formen 528.
Bläschenförmige Einschlüsse 543 Anm.
BLOCHMANN 534.

BORGERT. Conchopsis 514. Phäodellen 541. Weichhäutige Stadien 593. Kernteilung 676, 678. Centralkapsel 666, 670, 671. Vermehrung 672.
BRANDT. Schwebeeinrichtungen 510. Vertikale Bewegung 512. Horizontalverbreitung 524. Gelbe Zellen 539. Fortpflanzung 665.
BÜTSCHLI. Coelothamnus 482, 507. Sprungsysteme 579, 581 (Fig. 163, 164). Strontium 691.
Bulbus 667.

Cannosphaera antarctica 489 (Fig. 115), 556 (Fig. 154,6). Verbreitung 531, 563. Stachellose Formen 596, 657, 664.
— geometrica 579 (Fig. 157).
Cannosphäriden. Skelett 488. Ankerfädchen 489. Phäodium 550. Skelettbildung 612.
Castanelliden. Radialstacheln 487, 505. Pylomstacheln 519. Verbreitung 532, 563, 568. Phäodium 550. Größe 563. Skelettbildung 612, 628. Poren 619.
Castanidium. Entwicklung 613 ff. (Fig. 184—187). Teilung 682.
— Moseleyi 499 (Fig. 127), 505, 506.
— sol 505, 613 (Fig. 183).
Castanissa 505, 519 (Fig. 146).
Centralkapsel. Orientierung 511. Funktion 665. C. der Tripyleen 666. Zahl 670. Durchschnürung 670, 671, 673. Zweikernige C. 672.
Centralkapselmembran 666.
Centralkapselöffnungen 666.
Centropages. Eihüllen 550.
Ceratien 566.
Challengeria Naresi. Gestalt 513 (Fig. 141), 564. Verbreitung 532, 564. Phäodium 551. Weichhäutige Schale 593, 617. Embryonalhülle 621 (Fig. 195). Kern 676. Telophase 684.
Challengeriden. Peristom 520. Verbreitung 525, 532, 533, 563. Größe 564. Schalenentwicklung 618.
Challengeridenschicht 539, 554.
Challengeron armatum 513 (Fig. 141), 661.
Chromidien 686.
Chromosomen 679, 686.
Chromosomenbläschen 680, 685.
Chromosomenspuren 684.
Chromosomenzahl 687.
CHUN. Warmwassergebiete 525. Bipolarität 530, 536. Phytoplankton 537. Schwebevermögen 560.
Circocastanea 618 (Fig. 189).
Circogonia 580 (Fig. 159, 160).
Circoporiden. Radialstacheln 487, 505. Verbreitung 532, 563. Größe 563. Schalenentwicklung 616. Poren 619.
Circoporetta 579 (Fig. 158).
Circoporus 557 (Fig. 154,10). Radialstachel 587 (Fig. 170e).
Circospathis 506 (Fig. 139), 557 (Fig. 154,14), 616 (Fig. 187).
Circumtropische Formen 527.
Coelanthemum 508, 574, 649.
Coelechinus 572, 645, 652, 653.
Coelodecas ambulacrum 482 (Fig. 103).
— pumilio 499 (Fig. 128).
Cölodendriden. Statik 496. Centralkapsel 517. Verbreitung 533. Nahrung 540. Größe und Form 565. Skelettbildung 607. Griffel 649.
Coelodendrum flabellatum 498 (Fig. 126), 522.
— furcatissimum 557 (Fig. 154,38).
— lappaceum 595 (Fig. 174), 645 (Fig. 202).
— ramosissimum 498 (Fig. 125).
— spinosissimum 557 (Fig. 154,37).
Coelodiceras 508, 522.
Coelodrymus 647 (Fig. 205).
Coelographis antarctica 497 (Fig. 124), 508, 646.
— regina 639 (Fig. 199), 647, 649.
Coelothamnus 482, 507.
Coelothauma 482.
Coelothyrsus 508, 522.
Collidenschicht 539, 554.
Collodarien. Ortsbewegung 512.
Collenchym 624, 651.
Collozoum 515.
Conchariden. Schloß 518. Verbreitung 532. Größe und Form 565. Apophysen 567. Poren 641.
Conchidium 514.
Conchoceras 519 (Fig. 145).
Conchopsis. Schloß 514 (Fig. 143). Phäodium 551.
Copepoden. Tiefenverbreitung 537. Eier 550, 553. Borsten 608.
Corethron. Entwicklung 548.
Coscinodiscus. Entwicklung 548.
Cyrtellarien 517, 570, 636.
Cytocladus. Centralkapsel 495, 684. Vorkommen 566. Trichotomie 645, 652, 653.
— tricladus 558 (Fig. 155,1).

Dämmerungszone 537.
DAHL. Tiefenverbreitung 536, 537.
Dauersporen 531, 538.
Dauertypen 632, 634.
Defektrassen 657, 664.
Delamination 626.
Dendriten 497.
Derbwandigkeit 570, 571.
Diaphragma 518, 666.
Diatomeen. Dauersporen (Mikrosporen) 531, 538 f., 546 ff. Entwicklung 548. Als Stachelunterlage 604 (Fig. 179), 606.
Diatomeenstruktur 618.
Dichotomie, falsche 647.
Dichotomer Typus 500, 644, 651.
Dictyaulus 492 (Fig. 117, 119).
Dicystine Formen 496, 670. Vermehrung 673, 674.
Difflugia 623.
Diskohexaster 493 (Fig. 119).
Diskontinuierliche Prozesse 656, 660.
Doldentypus 500, 503 (Fig. 136 c—d), 645.
Doppelbildungen 597.
DREYER. Funktion des Skelettes 481. Gerüstbildung 584. Kampf der Pseudopodien 611, 627. Thalamophoren 617. Mittel der Formbildung 622.
DRIESCH. Physikalische Gesetze 628.
Druckfänger 485, 490, 492.
Druckverteiler 485.

DUNCKER 655.
Dunkelzone 537.

Echinomma 632.
Einverleibung fremder Stacheln 606.
Einzelprozesse (Elementarprozesse) 627, 630, 650, 659, 664. Diskontinuität der E. 660.
Embryonalhülle 620.
Entwicklungshemmungen 534, 596, 601, 629.
Entwicklungsstockungen 596.
Eurybathe Formen 536, 537.
Eurytherme Formen 527.
Extrakalymmales Sarkodehäutchen 484.
Epigenetisches Geschehen 529.
Epiplankton 537.
Exogene Verbildungen 595.

Fachwerke einfacher Ordnung 481, höherer Ordnung 487.
Fallschirm 507.
Fangorgane 507, 508.
Färbung des Skelettes 651.
Florikome 492 (Fig. 117).
Floß 508, 521.
Fluktuierende Abänderungen 637, 654, 657, 659.
Fontänenstrom 542.
Foraminiferen 523, 539.
Formbildung 576. Mittel der F. 622.
Formenkerne 654.
Formenketten 660. Mehrfach gegabelte 661.
Formenreichtum 690.
Formvariationen 638.
Formwiderstand 560.
Fortpflanzungsgeschichte 665.
FOWLER. Tiefenverbreitung 537. Medusettiden 508, 666, 667.
Fremdkörper als Stachelgrundlage 604, 606.
Frenula 500.
Füllgallerte 613.
Füllungen 488.
Füße der Tuscaroren 504.

Galea 496, 499, 500, 540.
Gallerte. Gewicht 510.
GALTON-Kurven 638, 642, 645, 655, 656. Halbe G. 656. Zweigipfelige G. 643, 661.
Gelbe Zellen 539.
Genepistase 596, 650.
Generationswechsel 665.
Gewichtsverhältnisse 569.
Gitterkugeln (Gitterschalen) 481, 494.
Globigerinen im Phäodium 548, 551.
Grenzlamelle 613, 619.
Griffeltypus 504, 649.
Größe 562.
Größenvariationen 638.
Großarten 637.
Grundformenlehre 577.
Grundplasma 678.
Gurtungen 488.

HAECKEL. Funktion des Skelettes 481. Phäodellen 541. Promorphologie 577. Sekretionshypothese 583. Formbildung 622. Vererbung 631. Centralkapsel 666.
Haeckeliana 487, 505.
Häufigkeitspolygon 643 (Fig. 200, 201), 646 (Fig. 203).
Halbrassen 655, 657.
Haliomma 632, 634.
Heliochallengeron 513, 525.
Heliodiscus 505, 632.
Heliosoma 632.
Heliosphaera 632.
Hemmungsbildungen 601, 614, 629.
HERTWIG, R. Weichkörper 482. Gelbe Zellen 540. Phäodellen 541. Centralkapsel 666, 670, 671, 672.
Heterochronie 652, 687.
Hexacontium 505, 632.
Hexaktinelliden 490.
Hohlräume der Radialstacheln 484, 486.
Holascus 493.
Horizontalverbreitung 524.
Hyalonema 491 (Fig. 116).
Hypertrophien 597.
Hypoplankton 537.

IMMERMANN. Pseudopodienhypothese 589, 604, 606. Stachelanlagen 601.
Indik. Fauna 530.
Individualitätshypothese 688.
Intermediäre Stützelemente 489.
Interpolare Formen 529, 530.
Intercelluläre Sprossung 602, 626.
Isolation 692.

Jugendstadien 591, 592.

Kaleidoskopische Mischung 629, 658.
Kaltschwämme 583, 588.
Kalkwasserformen 524.
Kamin 667, 668.
KARAWAJEW. Phäodellen 541. Centralkapsel 667. Vermehrung 672. Kernteilung 679.
KARSTEN. Phytoplankton 537. Teilung von Corethron 548. Schwebevorrichtungen 566.
Keimplasma 659.
Kern der Tripyleen 675.
Kernplasmarelation 688.
Kernteilung 678.
Kielbildungen 513.
Kieselhülle, provisorische 621.
Kieselrinde, primäre 603, 614, 640.
Knephoplankton 537, 554.
Knickungen 595.
Körperquerschnitt 562.
Koinzidenz der Abnormitäten 598, 630.
Koloniebildung 672, 673, 674.
Konkretionen 689.
Konvergenzbildungen 573.
Krüppelformen 595.
Kuppennadeln 601 (Fig. 178), 658.

Längsspaltung 687.
LAMARCK'sches Prinzip 692.
Lebendfärbung von Aulacantha 503.
Leitformen 538, 563.
Liosphäriden 633.
LOBIANCO. Tiefengliederung 537.
Lorikationsmoment 585, 591 ff.

MAAS. Bipolarität 531. Kalkschwämme 583, 588, 593.
Massenentwicklung 569.
Medusettiden. Peristombildungen 520. Phylogenese 694. Schalenstruktur 618.

MEISENHEIMER. Bipolaritätshypothese 531, 535.
Membranen, gefaltete 542, 545.
Meristische Variationen 654, 656, 661.
Mesoplankton 537.
Mesozoische Formen 635.
Methylenblaufärbung 669.
Mikrosporen 539, 549, 553.
Mischgebiete 534, 598.
Mißbildungen 595.
Mittelmeer 692.
Mittelrassen 655, 657.
Monocystine Formen 496, 670.
Monopodialer Typus 500, 646, 652.
Monotonie des Mediums 691.
Mutationen. Progressive M. 637, 657. Retrogressive M. 657, 663.

Nachtzone 538.
Nahrung 539, 551.
Nahrungsaufnahme 507, 508, 568.
Nasenöffnung 497.
Nasenrohr 499.
Nassellarien. Centralkapsel 684. Alter 632.
Nationaletta. Alveolarsubstanz 511. Außenschale 521. Koloniebildung 673.
Nebendornen 505.
Numerische Eigenschaften 654, 656.
Nyktoplankton 538, 559.

Oeffnungshals 667.
Oeffnungskegel 667, 668.
Oenotheratypus 637, 657, 658, 659.
Ontogenese des Skelettes 576. O. d. Variationen 649.
Operculum 669.
Oroscena. Centralkapsel 516. Phäodellen 540. Vorkommen 566. Skelett 558 (Fig. 155,2). Variationen 641. Fortpflanzung 685.
ORTMANN, Bipolarität 530, 536.
OSTWALD, WOLFG. 560.

Paarige Aeste 646, 647, 648.
Pacifik 530.
Paläozoische Formen 634.
Palissadenstruktur 618.
Pamplanktonische (panteplanktonische) Formen 537.
Pandorastufe 539, 555.
Paraboscis 667.
Paradisken 493.
Parapylen, Funktion 511, 668. Zahl 666. Vermehrung 670.
Parapylenhof 667.
Partialmutationen 637, 657, 659.
Peridineen 538, 566.
Peristombildungen 516, 520, 574.
Phäocalpien. Radialstacheln 505. Skelettbildung 616.
Phaeocolla 541 (Fig. 152), 674.
Phäodellen 541.
Phäodendrien. Griffel 507.
Phäodium 540.
Phäogromien. Griffel 507. Skelettbildung 617.
Phaoplankton 537, 554.
Pharyngellenschicht 539, 559.
Physikalische Gesetze 628, 660.
Phytoplankton 537.
Pigmente 544.
Pinule 491.
Planktonetta 509 (Fig. 140), Fig. 557 (Fig. 154,24). Stacheln 508. Floß 508, 521. Alveolarsubstanz 511. Diaphragma 518. Teilung 520. Stützapparate 521. Phäodellen 544, 551. Vermehrung 673. Embryonalhülle 620 (Fig. 192—194).
PLATE 637, 654, 656, 659, 660, 663.
Polychromosomale Zellen 688, 689.
Polycyttarien 510, 539.
Polyëder (reguläre, platonische) 505, 578, 583. Nachbildungen 506.
Polyphyletischer Ursprung 695.
POPOFSKY. Gelbe Zellen 540.
Poren. Variationen 640.
Porospathiden. Verbreitung 532.
Präformatives Geschehen 629.
Primitivnadeln 610, 617, 619, 624.
Pristacantha 580 (Fig. 161).
Proboscis 670.
Progressive Vererbung 631.
Promorphologie 577. P. der Zelle 653.
Protocystis Sloggetti und Harstoni 525 (Fig. 149—150), 525, 532, 564, 661, 663.
Pseudopodien 611, 627.
Pylom. Orientierung 511.
Pylomstacheln 518.
Pylomzähne 518.

QUÉTELET'sches Gesetz 638, 642, 645, 655, 657.

Radgelenke 486.
Radialstacheln. Funktion 484, 486. 566. Hohlräume 484.
Radiolarien. Zahl 523. Ursprüngliche Heimat 533. Nahrung 539.
Radstruktur 676.
RAUBER 688.
Reduktionsteilung 681, 688.
Reibung, innere 560.
Rhinocanna 499.
Rhizophora 486.
Richtende Centren 611, 627, 629, 653.
Riesenformen 562.
ROUX. Mißbildungen 594. Automerizonten 651. Keimplasma 659.
Rudimentäre Bildungen 521.

Saccocalyx 493 (Fig. 118).
Sagenoarium 488, 516.
— anthophorum 609 (Fig. 180).
— Chuni 556 (Fig. 154,8).
— dicranon 488 (Fig. 114).
Sagenoscena irmingeriana 487, 515 (Fig. 144).
— lampadophora 487 (Fig. 113).
Sagittalring 481.
Sagoscena elegans 501 (Fig. 130), 556 (Fig. 154,7).
— floribunda 587 (Fig. 170d).
Sagosphaeridae. Skelett 486. Orientierung 515. Verbreitung 531. Größe und Gestalt 563. Skelettbildung 608.
Salzgehalt 561.
SARASIN 660, 663.
Sarcodictyum 483.
Sarkodehäutchen, extrakalymmales 484.
Schalendicke 569.
Schattenflora 538.
Schattenzone 537.
SCHIMPER 537, 566.
Schleimfärbungen 542.
Schloßbildungen 516, 518.
Schneekristalle 578, 580 (Fig. 162).
Schollen- und Strangstruktur 678.
SCHÜTT 566.
Schwachrassen 656.

Schwärmerbildung 675.
Schwebeapparate 500, 504, 510.
Selbständigkeit der Mittel 629.
Selektion 693.
Seifenblasen 585 (Fig. 166—168).
Sekretionsvorgänge 623, 651.
Sinkgeschwindigkeit 560.
Sink- und Steigapparate 510, 512.
Skelettbildung 603, 623.
Skotoplankton 537, 555.
Somationen 637, 654.
Spaltungsmonstra 597.
Spannhaut 507.
Spathillen 484, 648. Entwicklung 602 f., 626.
Sphärellarien 505, 517, 570.
Sphäroidskelette 494.
Sporenbildung 675, 685.
Sprossung, intracelluläre 602, 626, 651.
Sprungsysteme 579, 581 (Fig. 163, 164).
Spumellarien. Centralkapsel 684. Alter 632.
Stachellose Varianten 596, 657.
Stachelmutanten 582 (Fig, 165), 642, 654.
Ständerfachwerk 488.
Staurosphäriden 634.
Stenobathe Formen 536.
Stenotherme Formen 527.
Strebenfachwerk 488.
Strepsinemen 679, 686.
Strontium 691.
Stylosphäriden 632.
Submergente Formen 529, 530.
Sympodialer Typus 647.

Telophase 682.
Temperatur 524, 526, 561.
Terminalbildungen 574. Variationen 645.
Teratologien 594.
Thalassicolla 510, 512, 689.
Thalassothamnus 684.
Tiefengliederung des Oceans 536, 554.
Tiefenkühlwasserformen 524.
Totalmutationen 637, 657, 658, 659.
Trichotomie 645, 652.
Tripyleen. Alter 635. Centralkapsel 666. Kern 675.
Tuscarantha Braueri 520 (Fig. 147). Häufigkeitspolygon 643 (Fig. 201), 655.
— Luciae 507, 557 (Fig. 154, 9), 639, 644.
Tuscaretta passercula 526, 667 (Fig. 206), 668 (Fig. 207), 669 (Fig. 212).
— tubulosa. Radialstacheln 507. Verbreitung 526. Konvergenzen 575. Stachelmutanten 582 (Fig. 165). Doppelbildung 597. Häufigkeitspolygon 642, 643 (Fig. 200), 655. Varianten 656.
Tuscarilla nationalis 507, 579 (Fig. 156), 640, 658.
Tuscarora bisternaria. Verbreitung 526.
Tuscarorenschicht 539, 555.
Tuscaroriden. Gitterschale 488. Radialstacheln 506. Centralkapsel 516. Peristombildungen 520. Verbreitung 526 (Karte II), 532. Phäodium 550. Größe 563. Kolonien 582, 674. Abnormitäten 598. Schalenentwicklung 616. Poren 617. Mischung der Charaktere 630, 658. Vermehrung 673. Erste Teilung 674. Kern 677.

Uebergewicht 560.
Unipolare Formen 528.
Unipolar-submergente Formen 529.

Vakuolen 510.
Vakuolenhaut 601, 613.
Variabilität 636.
Variationen 637. Primäre V. 637. Partielle V. 638, 639, 645, 648. Sekundäre V. 638. Ontogenese 649. Bedeutung für die Artbildung 654. Meristische V. 654.
Variationskomplexe 664.
Variationspolygon 624, 643 (Fig. 200—201), 646 (Fig. 203), 655.
Vegetative Zweiteilung 672, 673.
Verbiegungen 595.
Verdauungsvakuolen 543.
Verkieselung, primäre u. sekundäre 602, 625. Modifikationen 651.
Vermehrung 672.
Vertikale Ortsbewegung 512, 513.
Vertikale Unterarten 570.
Vierstrahler 587 (Fig. 170).
Vitale Prozesse 627, 690.
VRIES, H. DE, 636, 637, 643, 649, 652, 654, 655.

Wanddicke 569.
Warmwasserformen 524, 533.
Weichhäutige Stadien 593.
WEISMANN. Selektion 663. Variationskomplexe 663. Vererbung 692. Germinalselektion 694.
WELDON 655.
Wucherungen 597.

Zooxanthellen 539.
Zweigürtelformen 528.
Zweikernige Stadien 672.
Zwergformen 562.

Inhaltsverzeichnis.

I. Abschnitt. Form und Funktion 481
Fachwerke einfacher Ordnung 481
Fachwerke höherer Ordnung 487
Skelett und Centralkapsel 494
Schwebeapparate 500
Sink- und Steigapparate 510
a) Die Alveolen als Schwebeeinrichtungen 510
b) Die Alveolen als Sink- und Steigapparate 512
c) Accessorische Steig- und Sinkapparate 512
Schloß- und Peristombildungen 516
Rudimentäre Bildungen 521
II. Abschnitt. Form und Medium 523
Warm-, Tiefenkühl- und Kaltwasserformen 524
Die verschiedenen Arten der Horizontalverbreitung der Aulacanthiden 527
Bipolare, interpolare und submergente Formen 530
Versuch einer Tiefengliederung des Oceans 536
Nahrung der Radiolarien 539
Bau und Funktion der Phäodellen 541
Nahrung und Verbreitung 551
Uebersicht der Tiefenverbreitung der Radiolarien 554
Morphologische Anpassung 559
Konvergenzbildungen 573
III. Abschnitt. Formbildung 576
HAECKEL's Promorphologie 577
HAECKEL's Sekretionshypothese und DREYER's mechanische Gerüstbildungshypothese . . 583
IMMERMANN's Pseudopodienhypothese 589
Schwierigkeiten der entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung 591
Weichhäutige Stadien, halbverkieselte Stadien uud teratologische Verhältnisse 593
Die Skelettbildung der Aulacanthiden 599
Die Skelettbildung der Aulosphäriden und Sagosphäriden 608
Die Skelettbildung der Castanelliden 612
Geschlossene Schalen vom Tuscaroren- und Challengeridentypus 615
Aeußere Mittel der Formbildung 622
Zusammenfassendes über die inneren Mittel der Formbildung 623

IV. Abschnitt. Vererbung und Variation 631
Dauertypen 632
Allgemeines über Variabilität 636
Die beobachteten Variationen 637
Ontogenese der Variationen 649
Ueber den Charakter der Variationen und ihre Bedeutung für die Artbildung 654
Fortpflanzungsgeschichte 665
Bau und Teilung der Centralkapsel 666
Zahl und Vermehrung der Centralkapseln der Tripyleen 670
Kern und Kernteilung bei den Tripyleen 675
Centralkapsel und Fortpflanzung der Spumellarien und Nassellarien 684
Die Chromosomen der Radiolarien in der Vererbungslehre 686
Schlußwort. Der Formenreichtum der Radiolarien 690

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. 3459

Tafel LXXXVI.

Tafel LXXXVI.

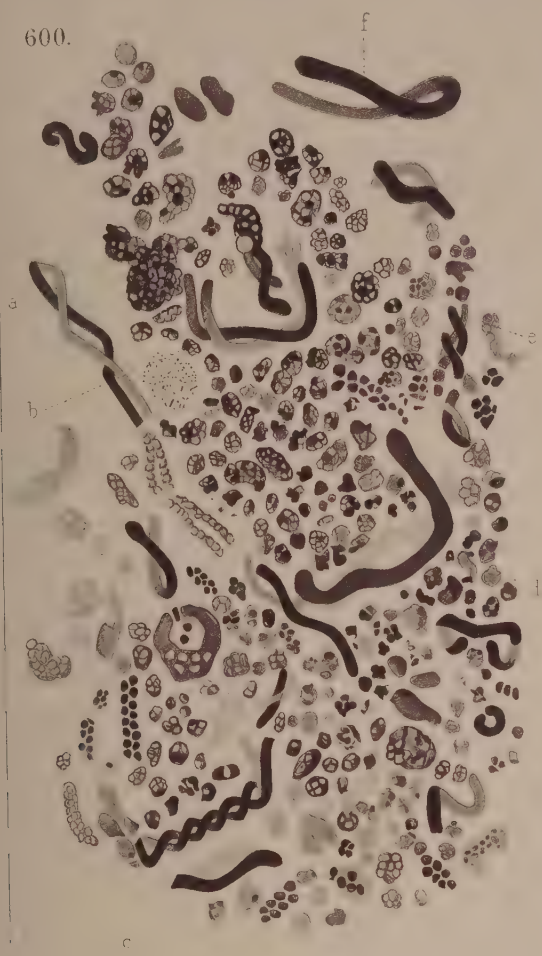
Tripylea.

Fig. 600. Chromosomenbildung von *Auloceros* sp. (T.-St. 149). Kons.: Sublimat. (Vergl. S. 679.) Vergr. 1330.

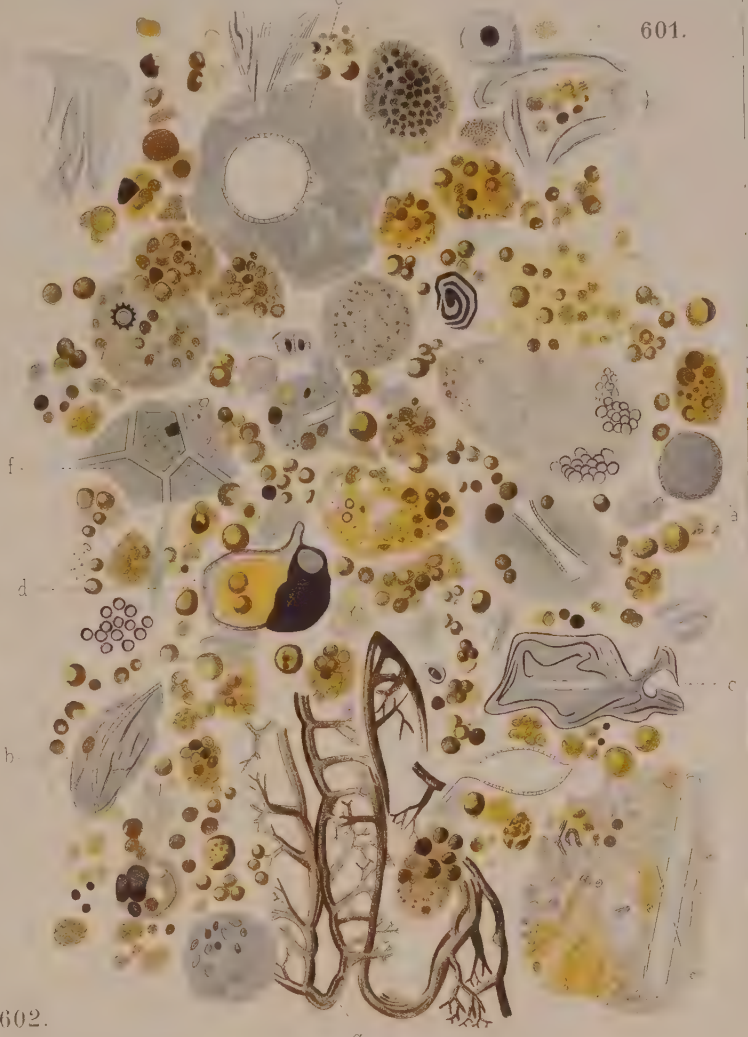
„ 601. Teil des Phäodiums einer *Tuscaretta tubulosa* (T.-St. 230). Kons.: Chromosmiumessigsäure. Färbung: Hämatoxylin. *a* junge Phäodelle ohne Einschluß. *b, c* geschrumpfte Phäodellen mit Diatomeenresten. *d* zusammengesetzte Phäodelle. *e* Große, abgeblaßte Phäodelle mit Diatomeenschale. *f* Phäodelle mit Dictyochidenpanzer. *g* Cyste eines Eies von *Centropages*. (Vergl. S. 550.) Vergr. 930.

„ 602. Teil eines Phäodiums von *Aulacantha scolymantha typica* mit vier Centralkapseln (T.-St. 14). Kons.: wahrscheinlich Sublimat. Färbung: Hämatoxylin. Enthält frisch aufgenommene Diatomeensporen in verschiedenen Entwickelungsstadien. (Vergl. S. 548.) Vergr. 930. *a* große Phäodelle mit zwei Algensporen. *b Coscinodiscus*-Schale. *d* Mikrosporen einer Diatomee, in einen Schleimballen (?Phäodelle) eingeschlossen. *t* freie Mikrosporen. *i* ältere Mikrospore. *c, e, n, o* Entwickelung der feinkörnigen Form. *g, h* Entwickelung der grobkörnigen Form. *r* ?Richtungskörperbildung. *k* Kopulation. *q, s* erste Teilung. *l, m* heranwachsende Sporen mit „Kleinkern". *p, f* Teilungsstadien.

600.



601.



602.

Morian H. Mälberger del.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Taf. LXXXVI. Tripylea.

600 Auloceros sp. 601 Tuscaretta tubulosa. 602 Aulacantha scolymantha typica.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel LXXXVII.

Tafel LXXXVII.

Tripylea.

Fig. 603. Phäodellen von *Conchopsis* sp. (T.-St. 120, S. 1500—1000) mit eingeschlossenen Algenmikrosporen. Daneben eine spiralige Bildung unbekannter Herkunft. (Vergl. S. 551.) Vergr. 930.

„ 604. Phäodellen einer *Challengeria Naresi* (T.-St. 121, S. 2500—1900) mit eingeschlossenen Algenmikrosporen. (Vergl. S. 551.) Vergr. 930.

„ 605. Phäodiuminhalt einer *Aulographis tetrancistra* (T.-St. 149). *a* Cyrtellariengehäuse, ähnlich *Stichopilium*. *b* Radiolarienpanzer, ähnlich *Peromelissa*. *c* *Coscinodiscus*-Schalen. *d* Dictyochidenskelett. (Vergl. S. 546.) Vergr. 930.

„ 606. Phäodellen einer *Planktonetta* mit drei Centralkapseln (T.-St. 55). *a*, *b* blasse, diffus und körnig pigmentierte Phäodellen. *c* stark färbbare, schleimartige Phäodellen. *d*, *e* gefaltete und geschrumpfte Phäodellen. (Vergl. S. 545, 551.) Vergr. 930.

„ 607. Phäodellen einer *Nationaletta* (T.-St. 239), großenteils spindelförmige Stäbchen einschließend. Daneben eine langgestreckte Phäodelle, eine *Aulacantha*-Nadel umfassend. (Vergl. S. 546, 551.) Vergr. 930.

603

605

604

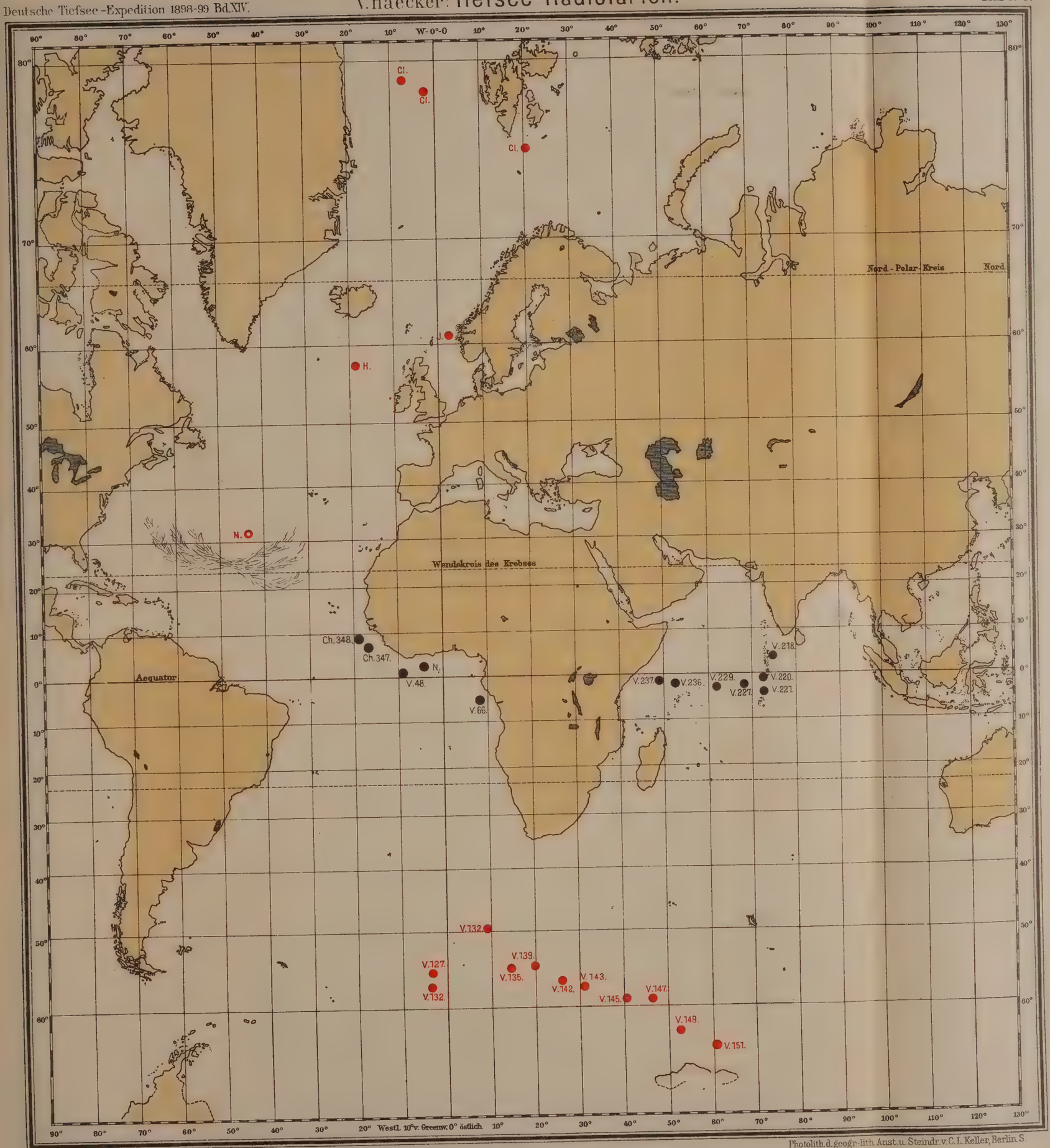
606

607

Marian Hillenberger del. Lith Anst v A.Gilbert Jena

Taf. LXXXVII. Tripylea.

603 Conchopsis sp. 604 Challengeria Naresi 605 Autographis tetrancistra
606 Planktonetta atlantica 607 Nationaletta Valdiviae



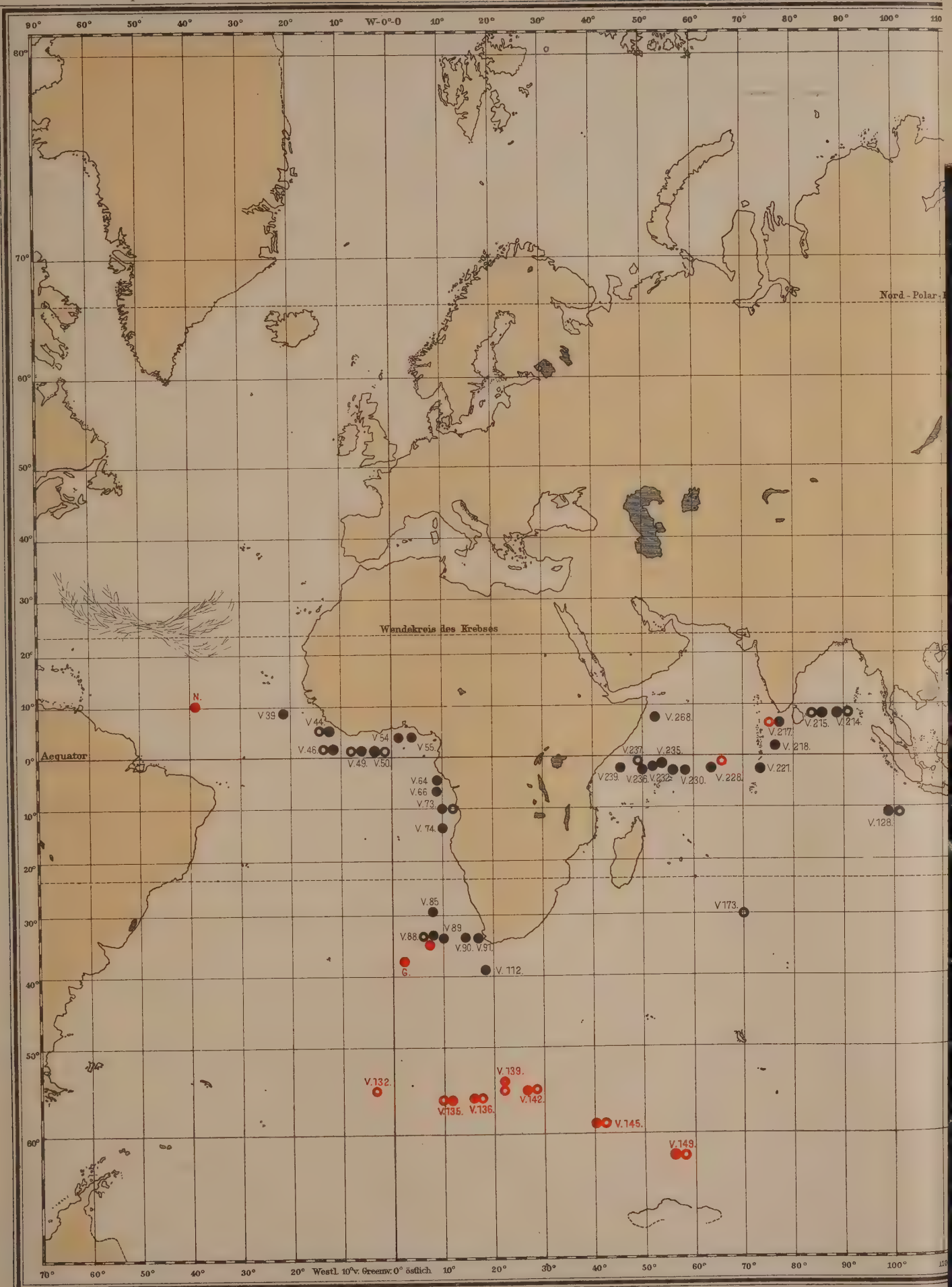
Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Äquatorial-Maßstab 1 : 100 000 000.

Photolith. d. geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.

Verbreitung der Challengeriden *(skotoplanktonische aequatoriale und knephoplanktonische bipolare Form, für einander vikarirend.)*

● *Protocystis Sloggetti (Skotopl.)* ● *Protocystis Harstoni (Knephopl.)* ○ *Protocystis nautiloïdes.* *Ch. „Challenger."* *Cl. Cleve.* *H. Hensen.* *J. Jörgensen.* *N. „National."* *V. „Valdivia."*



Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Äquatorial-Maßsta

Verbreitung der Tuscaroriden (Circ

● *Tuscaretta tubulosa.* ○ *Tuscarora bisternaria.* ● *Tuscaretta globosa.* ○ *Tuscaret*

Photolith. d. geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.

b 1:100 000 000.

mtropische und vorwiegend antarktische Formen.)

a passercula. *Ch. „Challenger." G. „Gauss." N. „National." V. „Valdivia."*

LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS